

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-109927

(43)Date of publication of application : 08.04.2004

---

(51)Int.Cl.

G02B 6/13

---

(21)Application number : 2002-276029

(71)Applicant : FUJI XEROX CO LTD

(22)Date of filing : 20.09.2002

(72)Inventor : SHIMIZU TAKASHI

OTSU SHIGEMI

TANIDA KAZUTOSHI

AKUTSU HIDEKAZU

---

### (54) METHOD OF MANUFACTURING POLYMER OPTICAL WAVEGUIDE

#### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method of manufacturing a polymer optical waveguide of smaller waveguide loss at low cost and by a simple process.

SOLUTION: The method of the manufacturing polymer optical waveguide which has one, two or more start points of the waveguide and a plurality of end points of the waveguide all along the same straight line comprises: a step of producing a mold by cutting or punching the side which does not constitute the waveguide through the same straight line so as to expose a recess corresponding to a protrusion formed on a die; a step of bringing a clad base material whose contact with the mold is excellent into close contact with the mold; a step of turning the recess on a start point side or an end point side exposed by cutting or punching to a resin input part, bringing the curable resin into contact and making the curable resin infiltrate into the recess of the mold by capillarity; a step of curing the curable resin 6 which is made to infiltrate; and a step of simultaneously cutting a clad substrate where a core part and a clad layer are formed along the same straight line.

\* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

It is a manufacturing method of a polymer light guide which has one or more starting points of a waveguide, and one or more terminal points of all of a waveguide along the same straight line,

So that it may exfoliate after forming a layer of an elastomer for mold formation in the surface of original recording in which heights equivalent to a core part were formed, and a mold may be taken and a crevice corresponding to said heights subsequently to said mold formed may be exposed, A process of producing a mold by forming a side which is not a waveguide via said same straight line, A process which sticks a clad base material with good adhesion with this mold to a field which has a crevice of said mold, Hardening resin is contacted by making an exposed crevice by the side of said formed starting point or a terminal point into a resin input part, A manufacturing method of a polymer light guide including a process of cutting at once a cladding substrate in which a process which makes this hardening resin advancing into a crevice of said mold according to capillarity, a process which stiffens hardening resin made advancing, a core part, and a cladding layer were formed along said same straight line.

[Claim 2]

A manufacturing method of the polymer light guide according to claim 1 accumulating two or more cladding substrates in which said core part and a cladding layer were formed so that said same straight line may gather in each, and cutting at once along this same straight line.

[Claim 3]

In addition to an exposed crevice by the side of said formed starting point and a terminal point, from a field of a clad base material of said mold, and an opposite hand of a field to which it is made to stick, After having provided a penetrating port so that it might be open for free passage to said crevice, making a crevice by the side of a resin input control port, said

exposed starting point, and a terminal point into a resin outputting part for this penetrating port and making hardening resin advance, A manufacturing method of the polymer light guide according to claim 1 performing a process which makes said hardening resin advance into a crevice of a mold according to capillarity by inserting a resin extrusion member in said resin input control port to the depth which subtracted height measurement of said heights from thickness of a mold.

[Claim 4]

A manufacturing method of the polymer light guide according to claim 3 accumulating two or more cladding substrates in which said core part and a cladding layer were formed so that said same straight line may gather in each, and cutting at once along this same straight line.

[Claim 5]

When a waveguide has branched in addition to an exposed crevice by the side of said formed starting point and a terminal point, From a field of a clad base material of said mold, and an opposite hand of a field to which it is made to stick, a penetrating port is provided so that it may be open for free passage into the whole mixing portion of branching of said crevice, After making a crevice by the side of a resin input control port, said exposed starting point, and a terminal point into a resin outputting part for this penetrating port and making hardening resin advance, A manufacturing method of the polymer light guide according to claim 1 performing a process which makes said hardening resin advance into a crevice of a mold according to capillarity by inserting a resin extrusion member in said resin input control port to the depth which subtracted height measurement of said heights from thickness of a mold.

[Claim 6]

A manufacturing method of the polymer light guide according to claim 5 accumulating two or more cladding substrates in which said core part and a cladding layer were formed so that said same straight line may gather in each, and cutting at once along this same straight line.

[Claim 7]

A manufacturing method of the polymer light guide according to claim 5 inserting in said resin input control port in a process which makes said hardening resin advance into a crevice of a mold according to capillarity so that a tip may stick a diffusion board to a clad base material.

[Claim 8]

In a process which makes said hardening resin advance into a crevice of a mold according to capillarity, A manufacturing method of the polymer light guide according to claim 5 inserting a light guide plate with equal core part and refractive index in said resin input control port still more equally [ a size of the path of insertion ] to height of said heights so that a tip may stick to a clad base material.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

This invention relates to the manufacturing method for manufacturing the optical waveguide, especially a flexible polymer light guide, by low cost.

[0002]

[Description of the Prior Art]

(1) film is impregnated with a monomer as a manufacturing method of a polymers waveguide, How (selective polymerization method) to expose a core part selectively, to change a refractive index, and to paste a film together, (2) How to form a clad part after applying a core layer and a cladding layer using reactive ion etching (the RIE method), (3) Use the ultraviolet curing resin which added a photosensitive material into a polymer material, The method (the photograph breaching method) of exposing a core part and changing the refractive index of a core part, etc. are proposed after applying the method (the direct exposing method) of using the photolithographic method exposed and developed, the method of using (4) injection molding, (5) core layers, and a cladding layer.

[0003]

However, as for a selective polymerization method of (1), there is a problem in the lamination of a film, and since the photolithographic method is used for the method of of (2) and (3), it becomes a high cost. The method of (4) has a technical problem in the accuracy of a core diameter, and (5) has the technical problem that sufficient refractive index difference cannot be taken. Now, although the practical method excellent in the performance target is only the method of of (2) and (3), it is not a thing suitable for every art forming a polymers waveguide in a flexible plastics base material with a large area.

[0004]

Although the pattern substrate (clad) in which the pattern of the slot used as a capillary tube was formed as a method of manufacturing a polymer light guide is filled up with the polymer precursor material for cores, postcure is carried out, a core layer is made and the method of pasting a planar substrate (clad) together to the surface is known, By this method, as a result of filling up with polymer precursor material thinly also between a pattern substrate and a planar substrate, being extensively hardened by only the capillary tube slot and forming the film of the same presentation as a core layer in it, there was a problem that light will be revealed through this film.

[0005]

As one of the methods of solving, this problem the DEBITTO heart, The manufacturing method of the polymer light guide manufactured by sticking the pattern substrate and plate with which the pattern of the slot used as a capillary tube was formed with the jig for a clamp, making it decompress, and making a capillary tube fill up with a monomer solution is proposed (for example, refer to patent documents 1).

[0006]

However, if this method does not make it stick that it is monotonous using a clamp, it cannot be impregnated with a monomer solution besides a core part, and it cannot form precise waveguiding structure, but is a complicated method, When polymerizing a monomer solution and polymers-izing (solidification), the volume change was caused, and there was a fault that the shape of a core changed. Since the polymers and the capillary tube in which the monomer solution polymerized had pasted up selectively when removing a capillary tube, it also had the fault of breaking down core shape.

[0007]

George M. Whitesides and others of Harvard University has advocated the method of a capillary tube micro mold as one of the soft lithography recently about the new technology which makes nano structure. This makes a master substrate using photo lithography, and copies nano structure from a master substrate to the mold of PDMS using the adhesion of poly dimethylsiloxane (PDMS), and easy detachability, It is a method which slushes fluid polymer into this mold and it is made to solidify using capillarity (for example, refer to nonpatent literature 1).

[0008]

Kim Enoch and others of the group of George M. Whitesides of above-mentioned Harvard University applies for the patent about the capillary tube micro mold method (for example, refer to patent documents 2).

[0009]

However, like the core part of an optical waveguide, when a cross-section area is small, a manufacturing method given in this patent requires time for forming a core part, and is not

suitable for mass production. When a monomer solution reacted and solidified, the volume change was caused, the shape of the core changed, and there was a fault that transmission loss (waveguide loss) became large.

[0010]

This invention persons by duplicate manufacture of the polymers waveguide using capillarity already. In [ although core shape was maintained with high precision and the method of manufacturing a polymer light guide with little insertion loss there being little waveguide loss is proposed (for example, refer to patent documents 3) ] this method, Since ultraviolet curing resin or heat-curing resin used as a core will be in the state of effluence from the entrance and exit of resin, in order to realize a mirror plane with few losses, end face processing, such as grinding in addition to cutting or it, is needed. This processing was needed about all the entrances and exits, and there was a case where the process of performing a plan substitute occurred each time.

[0011]

[Patent documents 1]

The patent No. 3151364 specification

[Patent documents 2]

U.S. Pat. No. 6355198 specification

[Patent documents 3]

The application-for-patent No. 187473 [ 2002 to ] specification

[Nonpatent literature 1]

SCIENTIFIC AMERICAN September 2001 (the Nikkei Science December, 2001 item)

[0012]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

An object of this invention is to solve the problem of the above-mentioned conventional technology.

Namely, this invention aims at offer of the manufacturing method of a polymer light guide with little waveguide loss by low cost by a simple method.

[0013]

[Means for Solving the Problem]

An aforementioned problem is attained by the following this inventions. As a concrete method, core shape is maintained with high precision using capillarity which this invention persons have proposed, and waveguide loss finds out a method of reducing especially processes of operation about a method of manufacturing a polymer light guide with little insertion loss few.

[0014]

Namely, this invention,

<1> It is a manufacturing method of a polymer light guide which has one or more starting

points of a waveguide, and two or more terminal points of all of a waveguide along the same straight line, So that it may exfoliate after forming a layer of an elastomer for mold formation in the surface of original recording in which heights equivalent to a core part were formed, and a mold may be taken and a crevice corresponding to said heights subsequently to said mold formed may be exposed, A process of producing a mold by forming a side which is not a waveguide via said same straight line, A process which sticks a clad base material with good adhesion with this mold to a field which has a crevice of said mold, Hardening resin is contacted by making an exposed crevice by the side of said formed starting point or a terminal point into a resin input part, It is a manufacturing method of a polymer light guide including a process of cutting at once a cladding substrate in which a process which makes this hardening resin advancing into a crevice of said mold according to capillarity, a process which stiffens hardening resin made advancing, a core part, and a cladding layer were formed along said same straight line.

[0015]

<2> It is a manufacturing method of a polymer light guide given in <1> accumulating two or more cladding substrates in which said core part and a cladding layer were formed so that said same straight line may gather in each, and cutting them at once along this same straight line.

[0016]

<3> In addition to an exposed crevice by the side of said formed starting point and a terminal point, from a field of a clad base material of said mold, and an opposite hand of a field to which it is made to stick, After having provided a penetrating port so that it might be open for free passage to said crevice, making a crevice by the side of a resin input control port, said exposed starting point, and a terminal point into a resin outputting part for this penetrating port and making hardening resin advance, It is a manufacturing method of a polymer light guide given in <1> performing a process which makes said hardening resin advance into a crevice of a mold according to capillarity by inserting a resin extrusion member in said resin input control port to the depth which subtracted height measurement of said heights from thickness of a mold.

[0017]

<4> It is a manufacturing method of a polymer light guide given in <3> accumulating two or more cladding substrates in which said core part and a cladding layer were formed so that said same straight line may gather in each, and cutting them at once along this same straight line.

[0018]

<5> When a waveguide has branched in addition to an exposed crevice by the side of said formed starting point and a terminal point, From a field of a clad base material of said mold, and an opposite hand of a field to which it is made to stick, a penetrating port is provided so that it may be open for free passage into the whole mixing portion of branching of said crevice,

After making a crevice by the side of a resin input control port, said exposed starting point, and a terminal point into a resin outputting part for this penetrating port and making hardening resin advance, It is a manufacturing method of a polymer light guide given in <1> performing a process which makes said hardening resin advance into a crevice of a mold according to capillarity by inserting a resin extrusion member in said resin input control port to the depth which subtracted height measurement of said heights from thickness of a mold.

[0019]

<6> It is a manufacturing method of a polymer light guide given in <5> accumulating two or more cladding substrates in which said core part and a cladding layer were formed so that said same straight line may gather in each, and cutting them at once along this same straight line.

[0020]

<7> In a process which makes said hardening resin advance into a crevice of a mold according to capillarity, it is a manufacturing method of a polymer light guide given in <5> inserting in said resin input control port so that a tip may stick a diffusion board to a clad base material.

[0021]

<8> In a process which makes said hardening resin advance into a crevice of a mold according to capillarity, It is a manufacturing method of a polymer light guide given in <5> inserting a light guide plate with equal core part and refractive index in said resin input control port still more equally [ a size of the path of insertion ] to height of said heights so that a tip may stick to a clad base material.

[0022]

In this invention, it is preferred that said clad base material is flat, and when said clad base material is flexible, it is preferred to support a rear face with a rigid body with this flexible base material flat at the time of polymer light guide production processes.

[0023]

As for a refractive index of said clad base material, it is preferred that it is 1.55 or less, As for the above-mentioned clad base material, it is preferred that it is an alicyclic olefine resin film, and it is more preferred that it is a resin film which said alicyclic olefine resin film has norbornene structure in a main chain, and has a polar group in a side chain.

[0024]

It is preferred that a cladding layer formed in the clad base material surface in which a core part mentioned later was formed is formed by [ which applied ultraviolet curing nature resin or thermosetting resin ] carrying out postcure. As for said cladding layer, it is preferred to be formed by pasting a clad base material together with this substrate and adhesives with a near refractive index.

[0025]



As for said elastomer for mold formation, it is preferred to harden a liquefied hardenability silicone elastomer, and, as for surface energy of said mold, it is preferred that it is the range of 10 - 30 mN/m. It is preferred that it is a range whose Shore (Shore) rubber hardness of said mold is 15-80 degrees, and that the secondary average of roughness height (RMS) Rq of said mold is 0.5 micrometer or less. It is preferred that a range of thickness of said mold is 0.1-50 mm.

[0026]

It is preferred that hardening resin which forms said core part is ultraviolet curing nature resin or thermosetting resin, and, as for viscosity of said ultraviolet curing nature resin or thermosetting resin, it is preferred that it is the range of 10 - 2000 mPa-s. It is preferred that a volume change when stiffening said ultraviolet curing nature resin or thermosetting resin is 10% or less.

[0027]

It is preferred that a refractive index of said cladding layer is the same as a clad base material, and it is preferred that a refractive index of a hardened material of ultraviolet curing nature resin used as said core or thermosetting resin is 1.55 or more. It is preferred that refractive index difference of said clad base material and a cladding layer, and a core is 0.02 or more.

[0028]

[Embodiment of the Invention]

Hereafter, this invention is explained in detail.

The manufacturing method of the polymer light guide of this invention by using the micro molding method using the elastomer for molds represented by poly dimethylsiloxane (PDMS), Produce the mold of highly precise core shape by a simple method, and the goodness of the adhesion of the film of a low refractive index, etc. and the elastomer for molds which become a cladding layer is used, After filling up only the crevice of a mold with ultraviolet curing nature or thermosetting resin, forming a core part in it by making it solidify and exfoliating a mold, a polymer light guide is formed by low cost by applying and solidifying a cladding layer.

[0029]

Said PDMS can also use a PDMS mold as it is as a cladding layer, without making it exfoliate from resin in a mold generally, since the refractive index is as low as about 1.43. In this case, the device that the low-refractive-index film in which filled ultraviolet curing nature resin or thermosetting resin, and the mold of PDMS serve as a clad base material further, and the stuck mold of PDMS do not separate is needed.

[0030]

In this invention, it serves as the cladding layer, and the flexible film base or rigid body substrate with which a core layer is formed in the surface only forms a core layer (core part) with a refractive index higher than these in the surface of the above-mentioned film or a rigid

body, and functions on it as a polymer light guide. At this time, the micro molding method using the elastomer for molds represented by PDMS as a mold is used for formation of a core part. The elastomer for molds is excellent in adhesion and detachability with a substrate, and has the capability to copy nano structure. Therefore, when it is made to stick to a substrate, even penetration of a fluid can be prevented, and when a capillary tube is formed with a film base and a mold, it has the feature that only a capillary tube is filled up with a fluid. Since it excels also in detachability, the mold of PDMS can be easily removed, even if it sticks once. That is, when it is filled up with resin by having used PDMS as the mold and this resin is solidified, it is possible to maintain shape with high precision and to remove a mold from the above-mentioned resin, and it is dramatically effective as formation methods, such as a core part of an optical waveguide.

[0031]

About the manufacturing method of such a polymer light guide, this invention, It is a manufacturing method of the polymer light guide which has one or more starting points of a waveguide, and one or more terminal points of all of a waveguide along the same straight line, So that it may exfoliate after forming the layer of the elastomer for mold formation in the surface of original recording in which the heights equivalent to a core part were formed, and a mold may be taken and the crevice corresponding to said heights subsequently to said mold formed may be exposed, The process of producing a mold by forming the side which is not a waveguide via said same straight line, The process which sticks a clad base material with good adhesion with this mold to the field which has a crevice of said mold, Hardening resin is contacted by making the crevice by the side of said formed starting point which was exposed or a terminal point into a resin input part, The process of cutting at once the cladding substrate in which the process which makes this hardening resin advancing into the crevice of said mold according to capillarity, the process which stiffens the hardening resin made advancing, the core part, and the cladding layer were formed along said same straight line is included. Hereafter, this invention is explained in accordance with each process.

[0032]

- Process of creating a mold -

The conventional method, for example, the photolithographic method etc., can be especially used for production of the original recording in which the heights equivalent to a core part were formed, without restriction. The method of producing a polymer light guide by the electrodeposition process or photoelectrical arrival method which these people have already proposed is also applicable to producing original recording. As construction material of the above-mentioned original recording, a silicon substrate, a glass substrate, etc. are used and the size of said heights formed in original recording is suitably decided according to the use of a polymer light guide, etc. For example, in the case of the optical waveguide for single modes,

in the case of the optical waveguide for multi-modes, the core about a 50-100-micrometer angle is generally used in the core about a 10-micrometer angle, but the optical waveguide which has about hundreds of micrometers and a still bigger core part depending on a use is also used.

[0033]

Since the polymer light guide manufactured by this invention is what has one or more starting points of a waveguide, and one or more terminal points of all of a waveguide along the same straight line, the shape of the heights equivalent to said core part is the shape at which it turned having applied to the terminal point from the starting point. When the starting point was plurality, it might become a terminal point of two or more core parts corresponding to them, and one of core parts may have branched.

[0034]

After forming the layer of the elastomer for mold formation in the field which has heights of the original recording produced as mentioned above, a mold exfoliates and is produced.

It is preferred that it can exfoliate easily from original recording as a material of the elastomer for mold formation and to have the mechanical strength and dimensional stability more than fixed as a mold (it uses repeatedly). The layer of the elastomer for mold formation is formed from what added various additive agents to the elastomer for mold formation, or this if needed.

[0035]

Since the above-mentioned elastomer for mold formation must copy correctly each optical waveguide shape formed in original recording, it is preferred to use the viscosity below a certain limit, for example, the range grade of 2000 - 7000 mPa-s. It can add to such an extent that the adverse effect by a solvent does not come out of a solvent for viscosity regulation. The above-mentioned viscosity can be measured using a common rotary type viscosity type.

[0036]

As a material of said elastomer for mold formation, a hardenability silicone elastomer (a heat-hardened type, a room-temperature-curing type, a photo-curing type) is preferably used from a viewpoint of detachability, and mechanical strength and dimensional stability.

The hardenability silicone elastomer used for this invention is a silicone elastomer of the structure which constructs a bridge over a three dimension. The silicone elastomer of the structure which constructs a bridge over this three dimension polymerizes from a polyfunctional (three functionality, four functionality) unit, and usually has the structure of cross linkage. The silicone rubber etc. which polymerized in about 5000 to 10000 molecular weight (siloxane units) are contained in the hardenability silicone elastomer used for this invention by heat cure after adding a vulcanizing agent etc., for example.

[0037]

In this invention, the reason it is required to use said hardenability silicone elastomer is as

follows.

Said hardenability silicone elastomer originates in -Si-O-combination, and since surface energy is low, it shows the outstanding mold-release characteristic and immiscible nature intrinsically. However, it is because it becomes it is possible to also make the outstanding adhesive property reveal, and possible to obtain the mold which was compatible in detachability and an adhesive property by controlling the curing conditions.

[0038]

As a factor which governs hardening, reaction group kind [ of a constituent ], number; cure time of reaction groups, and temperature; irradiation energy; etc. are mentioned. Therefore, as a method of controlling said curing conditions, for example, poly dimethylsiloxane of monofunctional nature or two functionality and a reaction controlling agent (acetylene alcohol.) annular methylvinyl cyclosiloxane and siloxane denaturation acetylene alcohol -- etc. -- the method of adding, the method of adjusting a catalyst amount, reaction temperature, reaction time, optical (UV) irradiation intensity, etc., etc. are mentioned. Since the molecular weight of a hardenability silicone elastomer, the silanol ullage as a reaction group, etc. can be adjusted if curing conditions are controlled by these methods, it becomes possible to control freely a mold-release characteristic, hardness, surface hardness, an adhesive property, transparency, heat resistance, chemical stability, etc.

[0039]

As said hardenability silicone elastomer, the following examples are given, for example as a silicone elastomer of thermosetting (a condensed type, an added type) and a photoresist, etc. As a condensed type hardenability silicone elastomer, among thermosetting silicone elastomers, The poly dimethylsiloxane etc. which have a silanol group at the end are made into base polymer, The hardenability silicone elastomer which blended poly methylhydrogensiloxane etc. as a cross linking agent, carried out heating condensation and was compounded under catalyst existence, such as organic acid metal salt, such as organic tin, and amines; A hydroxyl group, The hardenability silicone elastomer which the polydyorganosiloxane which has reactant functional groups, such as an alkoxy group, in an end was made to react, and was compounded; The chlorosilicane of three or more functionality, Or polysiloxane elastomer; etc. which condensed and compounded the silanol which hydrolyzed the mixture of these and the chlorosilicane of 1 and 2 functionality, etc. are mentioned.

[0040]

As an added type hardenability silicone elastomer, among thermosetting silicone elastomers, Poly dimethylsiloxane containing a vinyl group, etc. are made into base polymer, a poly dimethyl hydrogen siloxane is blended as a cross linking agent, and the hardenability silicone elastomer etc. which reacted and stiffened and were compounded under existence of a

platinum catalyst are mentioned.

Although a said addition type hardenability silicone elastomer is morphologically classified into a solvent type, an emulsion type, and a solventless type, a solventless type is suitably used for this invention.

[0041]

The hardenability silicone elastomer compounded as a silicone elastomer of said photoresist using the optical cation catalyst, the hardenability silicone elastomer compounded using the radical hardening mechanism, etc. are mentioned.

[0042]

As said hardenability silicone elastomer, it is liquid resin of low molecular weight, and what can desire sufficient perviousness is used preferably. As for the viscosity of said hardenability silicone elastomer, it is preferred that it is the range of 500 - 7000 mPa-s, and it is more preferred that it is the range of 2000 - 5000 mPa-s.

As a hardenability silicone elastomer, the thing containing a methyl siloxane group, an ethyl siloxane group, and a phenyl siloxane group is preferred, and especially a hardenability dimethylsiloxane elastomer is preferred.

[0043]

It is desirable to perform releasing treatment, such as release agent spreading, to said original recording beforehand, and to promote exfoliation with a mold.

In order to form the layer of the elastomer for mold formation in the field which has heights of original recording, the layer of the elastomer for mold formation is formed in said field by applying the material of the elastomer for mold formation, or carrying out casting etc., and a drying process, curing treatment, etc. are performed if needed after that.

Although the layer thickness of the elastomer for mold formation is suitably decided in consideration of the handling nature as a mold, it is preferred that it is the range of 0.1-50 mm. Then, it exfoliates and let the layer and original recording of the elastomer for mold formation be a mold.

[0044]

Subsequently, a mold is produced by cutting piercing a mold or other means so that the crevice corresponding to said heights formed in said mold may be exposed. A next process cuts a mold so that a crevice may be exposed, and it performs punching, and it is for making ultraviolet curing nature resin or thermosetting resin advance into the crevice of said mold according to capillarity, or making it discharge by making this exposed crevice into a resin input part or a resin outputting part.

[0045]

In this invention, if in charge of creation of a mold in order to cut at once the cladding substrate in which the core part and the cladding layer were formed eventually along said same straight

line so that it may mention later, it is required to cut or pierce the side which is not a waveguide via said same straight line. It is preferred to perform cutting or punching in the portion immediately after specifically extending the waveguide portion (core part) of said crevice at the side which is not a waveguide exceeding said same straight line (the starting point or terminal point).

[0046]

It is possible to use various means besides a cutter, a puncher, etc. as a means for which both ends are exposed.

[0047]

As for the surface energy of the above-mentioned mold, it is preferred that it is the range of the viewpoint of adhesion with a film base to 10 - 30 mN/m, and it is more preferred that it is the range of 15 - 24 mN/m. When a surface tension ingredient measures an angle of contact with a mold using various known solvents, it can ask for the above-mentioned surface energy.

[0048]

As for the Shore (Shore) rubber hardness of a mold, it is preferred that it is the range of 15-80 degrees from a viewpoint of templating performance or detachability, and it is more preferred that it is a range which is 20-60 degrees. The rubber hardness of the above-mentioned mold can be measured using a durometer.

[0049]

In terms of templating performance, as for the surface roughness (mean square granularity (RMS)) of a mold, it is preferred that it is 0.5 micrometer or less, and it is more preferred that it is 0.1 micrometer or less. The surface roughness of the above-mentioned mold can be measured using a contact process surface roughness meter (the alpha step 500, ten call company make).

[0050]

- Process at which a mold and a clad base material are stuck -

Since the optical waveguide manufactured by this invention can be used also as optical wiring, an optical separator, etc. between a coupler and a board, according to the use as a material of said clad base material, It is chosen in consideration of the optical characteristics, such as a refractive index of this material, and a light transmittance state, a mechanical strength, heat resistance, adhesion with a mold, flexibility (flexibility), etc. In this invention, it is preferred to produce a polymer light guide using a flexible film base and a rigid body substrate.

[0051]

In this invention, also in order to prevent the unnecessary modification over it, and to raise workability, it is [ hardening resin being introduction from the resin input control port mentioned later, and / since forcing by a resin extrusion member follows, ] desirable for a clad base material to be a flat rigid body substrate. The same effect can be expected by supporting a

rear face with a rigid body flat at the time of waveguide production processes, for example, a glass substrate etc., to use said clad base material as a flexible film substrate.

[0052]

An alicyclic acrylic film, an alicyclic olefin film, a triacetic acid cellulose film, a fluorine-containing resin film, etc. are mentioned from a viewpoint that a refractive index has transparency comparatively small as a film base used. In order that the refractive index of a film base may secure refractive index difference with a core part, it is preferred that it is smaller than 1.55, and it is more preferred that it is smaller than 1.53.

The above-mentioned refractive index is measured, for example using an Abbe refractometer (measurement of refractive indices, such as other core parts, is also the same).

[0053]

As said alicyclic acrylic film, OZ-1000, OZ-1100, etc. which introduced aliphatic cyclic hydrocarbon, such as tricyclodecane one, into the ester interchange group (made by Hitachi Chemical Co., Ltd.) are used, for example.

[0054]

Although said alicyclic olefin film is preferably used for this invention in respect of transparency and a low refractive index, The thing which has norbornene structure in a main chain as the above-mentioned alicyclic olefin film, and the thing which has norbornene structure in a main chain, and has polar groups, such as an alkyloxy carbonyl group (it is the thing and cycloalkyl group of the carbon numbers 1-6 as an alkyl group), in a side chain are mentioned. The alicyclic olefine resin which has norbornene structure in the main chain like the above especially, and has polar groups, such as an alkyloxy carbonyl group, in a side chain, Since it has the outstanding optical characteristics, such as a low refractive index (refractive indices are the 1.50 neighborhoods and the difference of the refractive index of \*\* between core clads can be secured), and a high light transmittance state, it excels in adhesion with a mold and it excels in heat resistance further, it is preferably used especially for the manufacturing method of the polymer light guide of this invention. For example, the ARTON film (made by JSR), a ZENOA film (made by Nippon Zeon Co., Ltd.), etc. can be mentioned.

[0055]

The thickness of said film base is appropriately chosen in consideration of flexibility, rigidity, the ease of handling, etc., and it is preferred that it is the range of 0.1 mm - about 0.5 mm.

[0056]

- Process which makes hardening resin advance into the crevice of a mold -

The hardening resin which serves as a core at a resin input part is contacted, and this hardening resin is made to advance into the crevice of said mold according to capillarity in this process (restoration). In this invention, restoration of the above-mentioned resin is concretely performed by the following methods.

[0057]

First, it is the method of making into a resin input part either one of the starting point side formed so that said crevice might be exposed, or the terminal point side, and making hardening resin advancing into the crevice of a mold by making the other into a resin outputting part.

[0058]

In a resin penetration process, resin is not always outputted as mentioned above, and the above-mentioned resin outputting part functions also as an exit of air in the early stages of penetration. Therefore, when two or more not branched waveguides exist, it is satisfactory, but when said terminal point side is made into a resin input part in branched state core (waveguide) shape, for example. When hardening resin reaches a tee from a terminal point being plurality earlier than the core part which wants to branch and in which it shifted and others branched by that core part, penetration of the hardening resin to other branched core parts may stop. For this reason, in the case of branched state core shape, it is preferred to make the starting point side into a resin input part.

[0059]

Although a described method is a method with an effective range whose waveguide length is about 5-10 cm, when it becomes the length beyond it, there is a difficulty that restoration of hardening resin takes time extremely and productivity falls. Then, how to shorten an injection time can be considered by next dividing waveguide length. In this case, the exit of the air corresponding to the entrance of resin and resin is required, and plastic surgery whose entrance and exit of resin do not spoil waveguide shape is needed.

[0060]

Then, it is preferred to use the method of forming the admission port (resin input control port) of resin in addition to said both ends, and shortening capillary tube distance substantially by providing a penetrating port, so that it may be open for free passage to said crevice in this invention from the field of the clad base material of a mold and the opposite hand of the field to which it was made to stick.

[0061]

In production of two or more waveguides which have the core shape which is missing from terminal point 2b and has not branched from the starting point 2a, drawing 1 is the figure which looked at the state before providing a penetrating port in the mold 1 from the mold side. In this invention, a resin input control port (penetrating port) may be the resin input control port 3 of the shape which straddled and carried out the opening of two or more crevices in the direction which intersects perpendicularly with the waveguide of the mold 1 as not restricted to shape like the hole provided for every waveguide but shown in drawing 2 mostly.

Since hardening resin can be made to be able to advance simultaneously to two or more core



parts as by making a resin input control port into such shape shows to drawing 2 and the manufacturing time of a core part can be shortened further, it is effective from a viewpoint of reducing cost.

[0062]

And by inserting a resin extrusion member in the above-mentioned resin input control port 3 by Fukushima who subtracted the height measurement of the heights of said original recording from the thickness of the mold 1, after making hardening resin advance into said crevice in this invention, The excessive resin which remains in the resin input control port 3 can be extruded to a core groove, and disorder of the waveguide shape after resin filling completion can be suppressed to the minimum.

[0063]

In this invention, when the core (waveguide) has branched, It is preferred to provide a penetrating port so that it may be open for free passage into the whole mixing portion (branching portion) of branching of said crevice, to make this into a resin input control port, and to make the said cutting or starting point [ of the pierced waveguide ], and terminal point side into a resin outputting part from the field of the clad base material of said mold and the opposite hand of the field to which it is made to stick.

The mixing portion of the above-mentioned branching means the range needed for the light in the waveguide before branching when a waveguide branches being divided uniformly.

[0064]

Since restoration length decreases by this compared with the case where it pours in from the starting point [ of a waveguide ], or terminal point side like the above, it becomes possible to be more efficiently filled up with resin. Filling speed can be further raised after the hardenability resin filling to a crevice in a similar manner also in this case only from what it is preferred to insert a resin extrusion member in said resin input control port to the depth which subtracted the height measurement of said heights from the thickness of the mold, and it depends on capillarity by this.

[0065]

The state where provided the penetrating port in said mixing portion, and drawing 3 was made to fill up with hardening resin by making this into a resin input control port in production of the waveguide which has the branched core shape is shown.

In the branched waveguide, from the starting point and the terminal point of said waveguide, since a mixing portion has the wide width of a waveguide portion, When said penetrating port is provided in the field of the pole of a mixing portion part and is used as a resin input control port, there is a possibility that an air part may remain without filling up the whole mixing portion with the hardening resin for cores. Then, as shown in drawing 3, it is possible to decrease such fear by forming the resin input control port 4 in a position and a size which bisect a core.

[0066]

The position which bisects the above-mentioned core has a preferred thing of each core before and behind branching of the resin input control port 4 for which a center is occupied mostly, as shown in drawing 3 including said mixing portion, and it is preferred that width is the length which totaled the width of each core at least as a size. In drawing 3, the resin input control port 4 is formed in the same position as a mixing portion, and the size.

[0067]

Formation of the above-mentioned resin input control ports 3 and 4 may be performed cutting of a mold, or before punching in said mold creation process, and it may carry out after cutting or punching. In a resin penetration process, resin is not always outputted as mentioned above, and the above-mentioned resin outputting part functions also as an exit of air in the early stages of penetration.

[0068]

In order to make the opening (crevice of a mold) formed between the mold and the clad base material of capillarity fill up with hardening resin, the hardening resin to be used needs to be hypoviscosity enough so that it may be possible. In order to use capillarity for restoration of a fluid generally, as the path of a pipe is small, filling speed becomes slow and restoration at a practical speed becomes more nearly impossible. Therefore, it becomes a technical problem when gathering the filling speed of capillarity actually uses. It is effective to lower to lower the viscosity of a fluid and a pressure as a method of gathering filling speed. Usually, as for viscosity, it is preferred that they are 5000 or less mPa-s, and it is more preferred that they are 1000 or less mPa-s.

[0069]

The refractive index after hardening of said hardening resin needs to be higher than the polymer material which constitutes a clad. In addition, in order to reproduce the shape of the origin which the heights equivalent to the core part formed in original recording have with high precision, it is required for the volume change before and behind hardening of said hardening resin to be small. For example, if volume decreases, it will become a cause of waveguide loss. Therefore, as for said hardening resin, what has as small a volume change before and behind hardening as possible is desirable, it is preferred that a volume change is 10% or less, and it is more preferred that it is 6% or less. It is more desirable for hypoviscosity-izing using a solvent to avoid, since the volume change before and behind hardening is large.

[0070]

As for the viscosity of the above viewpoint to said hardening resin, it is preferred that it is the range of 10 - 2000 mPa-s, it is more preferred that it is the range of 20 - 1000 mPa-s, and it is still more preferred that it is the range of 30 - 500 mPa-s. However, when hardening resin also reduces viscosity using a solvent etc., and it solidifies, there is a fault that a volume change is

large and cannot keep the original shape highly precise as mentioned above. Therefore, the hardening resin for restoration to be used needs to choose the material in which it is solvent-free and a volume change is possible the smallest.

[0071]

The refractive index of the hardened material of the hardening resin used as a core needs to be larger than said film base and rigid body substrate used as a clad as mentioned above, as for the difference of the refractive index of a clad and a core, it is preferred that it is 0.02 or more, and it is more preferred that it is 0.05 or more. However, as for the high film base of hardening resin and adhesion, since the thing of the 1.50 neighborhoods has many refractive indices, as for the refractive index of hardening resin, it is preferred that it is 1.52 or more, and it is more preferred that it is 1.55 or more.

[0072]

As the above-mentioned hardening resin, ultraviolet curing nature resin or thermosetting resin is used preferably. As construction material of said hardening resin, an epoxy system, a polyimide system, and acrylic ultraviolet curing nature resin are used preferably.

[0073]

in order to promote contacting the end of the mold to which the film base was stuck to the hardening resin used as a core in this process, and filling up the crevice of said mold with this hardening resin according to capillarity -- this system -- it is desirable to decompress the whole (about 0.1-200 Pa). a system -- instead of making the whole decompression, it can draw in with a pump from a different end from the end in contact with said hardening resin of a mold, or can also pressurize in the end in contact with said hardening resin.

In order to promote said restoration, it is also an effective means to hypoviscosity-ize hardening resin more by heating the hardening resin which replaces with said decompression and application of pressure, or is contacted at the end of a mold in addition to these.

[0074]

When a penetrating port is provided in the middle of a waveguide like this invention and this penetrating port is used as a resin input control port, an optical element of a different kind can be introduced into a waveguide with the hardening resin for cores.

For example, in the case of said branched state core (waveguide), even if waveguide length is short, as shown in the front view from the mold side of drawing 4, dispersion in a branching ratio can be stopped by arranging the diffusion board 6 which diffuses light uniformly to the resin input control port 4 (mixing part). In this invention, after being filled up with the hardening resin for cores from the resin input control port 4, the polymer light guide in which the diffusion board 6 was inserted easily can be manufactured by inserting the diffusion board 6 using the resin input control port 4, and stiffening a core as it is.

[0075]

As a position which can use the thing using a hologram or a grating, etc. as the above-mentioned diffusion board 6, and inserts the diffusion board 6, it is preferred to consider it as the position in front of branching of a tee (portion from which a mixing portion begins).

[0076]

By the size of the path of insertion inserting a light guide plate with equal core part and refractive index equally to the height of said heights using a resin input control port, and stiffening a core as it is, after being similarly filled up with the hardening resin for cores from a resin input control port, It is also possible to manufacture the polymer light guide in which this light guide plate was inserted easily.

[0077]

- Process which stiffens the hardening resin made to advance -

In order to stiffen the hardening resin made to advance, an ultraviolet ray lamp, ultraviolet-rays LED, a UV irradiation device, etc. are used. When thermosetting resin is made to advance, heating in oven etc. are used for hardening.

[0078]

After hardening exfoliates a mold, forms a cladding layer in the clad base material surface in which the core part was formed, and makes it a polymer light guide. Like previous statement, it is also possible to use said mold as a cladding layer as it is, it is not necessary to exfoliate and a mold is used as a cladding layer as it is in this case.

[0079]

As said cladding layer, the layer which applies and stiffened the film and hardening resin (ultraviolet curing nature resin, thermosetting resin) which were used, for example as said clad base material, the poly membrane produced by applying the solution of a polymer material and drying, etc. are mentioned. When using a film as a cladding layer, it is stuck using adhesives, but it is desirable in that case for the refractive index of adhesives to be as near as the refractive index of a film.

[0080]

In order that the refractive index of said cladding layer may secure refractive index difference with a core, it is smaller than 1.55 and its desirable thing made smaller than 1.52 is desirable. It is preferred to make the refractive index of a cladding layer the same as the refractive index of said film base, in view of the point which light shuts up.

[0081]

- Process of cutting a cladding substrate at once along the same straight line -

This process is a process completed as a polymer light guide by cutting at once the cladding substrate in which the core part and the cladding layer were formed as mentioned above along said same straight line, and forming the starting point and the terminal point of a waveguide.

[0082]

An example of the manufacturing process of the polymer light guide using the capillarity used for drawing 5 in this invention is shown typically. As for drawing 5 (1) and (2), the making process of a mold and drawing 5 (4) and (5) are a penetration process of hardening resin. The mold 12 produced using the original recording 10 which has the heights 10a equivalent to a core part like drawing 5 (3) in this method, As the hole 14 (resin input control port) for restoration is made in the mid-position of the direction of a waveguide length hand in a clad base material, the field to which it is made to stick, and the field of an opposite hand so that it may be open for free passage to said crevice, and shown in drawing 5 (5), By being filled up with the hardening resin 16 for cores from here, and making the hardening resin 16 output to the both ends 13a (resin outputting part) which the mold 13 cut, restoration length can be substantially made into a half and it is possible to reduce an injection time.

[0083]

In order to complete an optical waveguide substrate with a described method, a certain end face processing is required because of the starting point of a waveguide, and terminal point formation. That is, in the above-mentioned method, since the hardening resin used as a core will be in the state of effluence from the end of the mold 13 as shown in drawing 5 (6), it will remain with solidification of resin for cores with an infinite form. So, in order to realize a mirror plane with few losses as the starting point and the terminal point of a waveguide, as shown in drawing 5 (7), the process of grinding in the position of the starting point and a terminal point in addition to cutting or it is needed.

[0084]

This process is required about all the portions used as the starting point of a waveguide, and a terminal point, and the process of performing a plan substitute occurs each time. Then, by arranging all the starting points and terminal points of a waveguide along the same straight line, and cutting at once with a dicing saw etc. along this same straight line, troublesome precision cutting work is finished at once, and it becomes possible to process other end faces suitably.

[0085]

Even if it is a case of two or more cladding substrates which have a branched state waveguide and a different waveguide of shape, By cutting at once with a dicing saw along the same straight line to which all the starting points which laminate these and each has, and terminal points were equal, it becomes possible to do right dense cutting work at once, and processes can be substantially reduced by this.

[0086]

Although cutting in alignment with said same straight line can be once performed easily using a dicing saw, as a cutting means, it is not restricted to this.

[0087]

As stated above, according to this invention, by a simple method, the optical waveguide which has highly precise core shape with few loss losses by low cost can be formed, and it excels in mass production nature, and a flexible polymer light guide with high flexibility can be obtained. The time which restoration also according [ branched state waveguide \*\*\*\* ] to simplification and capillarity of a cutting process takes especially can be shortened, and productive efficiency can be raised.

[0088]

[Example]

Hereafter, although an example explains this invention still more concretely, this invention is not limited to these examples.

(Example 1)

Negatives were developed and heights were formed, after having prebaked at 80 \*\* after applying thick film resist (SU-8: Made by a microchemical Company) with a spin coat method on the surface of a Si substrate (6 inches in diameter), and exposing through a photo mask. Next, postbake was carried out at 120 \*\* and the original recording for core part formation of the optical waveguide which has branched state heights was produced. This optical waveguide has branched to 1 to 4, and serves as the shape where the starting point and the terminal point of a waveguide as shown in drawing 3 become the same straight-line top. The square of a 50-micrometer angle and the length of the curved section before and behind branching are about 7.5 mm, and the sectional shape of the branching tip is eventually located in a line at intervals of 250 micrometers. 200 micrometers and the length of the maximum width of the mixing portion were 19.75 mm, 20.00 mm, 20.25 mm, and 20.50 mm sequentially from the one where the core part after branching is shorter.

[0089]

After applying normal hexane to this original recording as a release agent, a thermosetting poly dimethylsiloxane (PDMS) elastomer (SYLGARD184: made in Dow Corning Asia) is slushed, After making it solidify by heating for 30 minutes at 120 \*\*, it exfoliated and said section produced the mold with a thickness [ with the crevice corresponding to square heights ] of 1 mm. This thickness was measured with the accuracy of 1 micrometer or less of errors using the noncontact type laser displacement gage etc. The cutter cut so that said crevice might be [ side which is not a waveguide ] exposed in the place of 1 mm from the same straight line that said type of the starting point and the terminal point of a waveguide make, the resin outputting part was formed, and it was considered as the mold. As for the surface energy of this mold, 45 degrees and the mean square surface roughness of 20 mN/m and shore hardness were 0.05 micrometer.

[0090]

Next, in the same position as this mixing portion, and the size, it clipped by the cutter and this

was made into the resin input control port so that it might be open for free passage into the whole mixing portion from the clad base material of the mold of this PDMS, and the opposite hand of the field to which it is made to stick. When the somewhat larger ARTON film (the product made by JSR, thickness: 188 micrometers, refractive-index:1.51) than this mold and the mold by which the vacuum chuck was carried out to the surface of monotonous glass was contacted, both stuck.

[0091]

In this state, when viscosity hangs down epoxy system ultraviolet curing nature resin (made by NTT-AT) of 200 mPa-s to the resin input control port of the mold of PDMS, When this ultraviolet curing nature resin was filled up into said crevice with capillarity from the resin input control port, all the fields of the crevice were filled up with said ultraviolet curing nature resin in about 1 minute. The pin jig used as the resin in which it is the same shape as said clipped mold, and the tip hardened PDMS was inserted, and the resin with which the resin input control port was filled up was driven out of said resin outputting part so that said resin input control port might be covered after the completion of restoration. The insertion depth of this pin jig leaves only 50 micrometers which becomes a waveguide by that structure. That is, the insert portion is processed so that it may become the length which subtracted 50 micrometers from the thickness of the mold according to the thickness measured value of the corresponding mold of PDMS. It is guessed at this time that the position gap with the ceiling part of a pin tip part and the crevice of the mold which makes a waveguide is 5 micrometers or less.

[0092]

When it irradiated with the UV light of light intensity  $50 \text{ mW/cm}^2$  for 10 minutes through said PDMS mold, said ultraviolet curing nature resin was solidified in the state of the above and the mold of PDMS was subsequently exfoliated, the heights of said original recording and a same-shaped core part were formed in the ARTON film surface. The refractive index of this core part was 1.54.

[0093]

A refractive index applies to the core part forming face of the above-mentioned ARTON film ultraviolet curing resin (made by NTT-AT) which is the 1.51 [ same ] as said ARTON film, After putting the ARTON film on the surface furthermore, irradiate with the UV light of light intensity  $50 \text{ mW/cm}^2$  for 10 minutes, it was made to solidify, and the cladding layer of 50 micrometers of thickness was formed.

[0094]

Then, the flexible polymer light guide was formed by cutting at once the cladding substrate in which said core part and the cladding layer were formed along the same straight line that the starting point and the terminal point of a waveguide make. The above-mentioned cutting was performed using the dicing saw (made by a disco company) on with the number of rotations of

20000 rpm, and a feed rate of 2 mm/sec conditions. This polymer light guide can be functioned without necessity by polish of an end as a waveguide. When light intensity was measured at the terminal point of each branching, the heterogeneity of branching was 10% or less.

[0095]

(Example 2)

By the same method as Example 1, the section produced the original recording for core part formation of the square of a 50-micrometer angle. This core section structure is four not branched waveguides, and serves as the shape where the starting point and the terminal point of a waveguide as shown in drawing 2 become the same straight-line top. The length of a waveguide is about 100 mm and is located in a line in a 250-micrometer pitch.

[0096]

After fixing the board with a thickness of 50 micrometers which applied the release agent made from SUS so that it might not incline to the position which makes said heights a longitudinal direction for about 2 minutes and applying a release agent to the whole so that the heights equivalent to four above-mentioned core parts may be crossed, the PDMS resin used in Example 1 was slushed. After making it solidify by heating for 30 minutes at 120 \*\*, it exfoliated and said section produced the mold with a thickness [ with the crevice corresponding to square heights ] of 3 mm.

[0097]

Next, the resin input control port was formed in the mold of PDMS by removing said board. The cutter cut so that said crevice might be [ side which is not a waveguide ] exposed in the place of 1 mm from the same straight line that said type of the starting point and the terminal point of a waveguide make, the resin outputting part was formed, and it was considered as the mold. When this mold and said ARTON film by which the vacuum chuck was carried out to the glass substrate surface were contacted, both stuck.

[0098]

When this ultraviolet curing nature resin was filled up into said crevice with capillarity from the resin input control port by hanging down ultraviolet curing nature resin to the resin input control port of the mold of above-mentioned PDMS like Example 1 in this state, all the crevice fields were filled up with said ultraviolet curing nature resin in about 2 minutes. The 50-micrometer-thick board made from SUS was inserted in said resin input control port after the completion of restoration, and the resin with which the resin input control port was filled up was driven out of said resin outputting part. It is prescribed by the jig that the immersion depth at this time serves as length which subtracted 50 micrometers from the thickness of the mold according to the thickness measured value of the corresponding mold of PDMS.

[0099]

When it irradiated with the UV light of light intensity  $50 \text{ mW/cm}^2$  for 10 minutes through the



mold of said PDMS, said ultraviolet curing nature resin was solidified in the state of the above and the mold of PDMS was subsequently exfoliated, the heights of said original recording and a same-shaped core part were formed in the ARTON film surface. The refractive index of this core part was 1.54.

[0100]

After the refractive index applied to the core part forming face of the above-mentioned ARTON film ultraviolet curing resin (made by JSR) which is the 1.51 [ same ] as said ARTON film, it is irradiated with the UV light of light intensity  $50 \text{ mW/cm}^2$  for 10 minutes, and was solidified, and the cladding layer of 50 micrometers of thickness was formed in it.

[0101]

Then, the flexible polymer light guide was produced by cutting at once the cladding substrate in which said core part and the cladding layer were formed like Example 1 along the same straight line that the starting point and the terminal point of a waveguide make.

The waveguide loss of this polymer light guide was 0.45 - 0.5 dB/cm.

[0102]

(Example 3)

In Example 2, a resin input control port was not provided in the upper part of the mold like drawing 1, but the flexible polymer light guide was produced like Example 2 except having formed the core part by making into a resin outputting part the portion which is equivalent to a resin input part and a terminal point in the portion equivalent to the starting point of a waveguide.

The injection time of said ultraviolet curing nature resin to all the crevice fields of the mold at this time was 30 minutes. The waveguide loss of the polymer light guide was 0.35 - 0.38 dB/cm.

[0103]

(Example 4)

It is a diffusion board (a diffusion angle 40 degrees in the direction parallel to a substrate) to the portion from which the mixing portion of a resin input control port begins in Example 1. The flexible polymer light guide was produced like Example 1 except having inserted the LSD sheet by U.S. Physical Optics Corporation used as 0.2 degree in the vertical direction.

About this polymer light guide, when the light intensity in each terminal point was measured, the heterogeneity of branching has been improved to 2% or less.

[0104]

[Effect of the Invention]

According to the manufacturing method of the polymer light guide of this invention, by a simple method, the optical waveguide which has highly precise core shape with few loss losses by low cost can be produced, and it excels in mass production nature, and a flexible polymer light

guide with high flexibility can be formed. Especially, also in a branched state waveguide, the time which simplification of a cutting process and restoration by capillarity take can be shortened, and productive efficiency can be raised.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the front view which looked at an example of the state before the hardenability resin filling in this invention from the mold upper part.

[Drawing 2] It is the front view which looked at other examples of the state before the hardenability resin filling in this invention from the mold upper part.

[Drawing 3] It is the front view which looked at other examples of the state before the hardenability resin filling in this invention from the mold upper part.

[Drawing 4] It is the front view seen from the mold upper part which shows the state where the diffusion board was inserted in the mixing portion.

[Drawing 5] It is a schematic diagram showing an example of the manufacturing process of a polymer light guide.

[Description of Notations]

- 1 and 13 Mold
- 2 Core part
- 3 and 14 Penetrating port (resin input control port)
- 4 Mixing portion
- 5 On-off side (the same straight line)
- 6 Diffusion board
- 10 Original recording
- 12 Mold
- 15 Cladding substrate
- 16 Hardening resin
- 17 Resin extrusion member
- 18 Cladding layer
- 20 Dicing saw

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

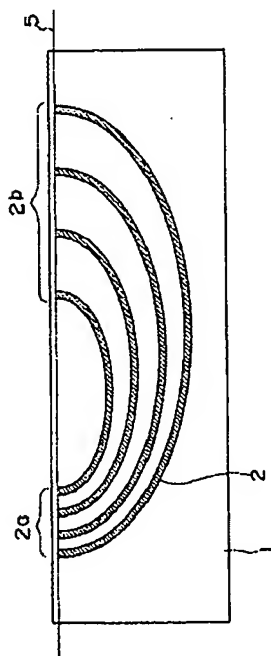
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

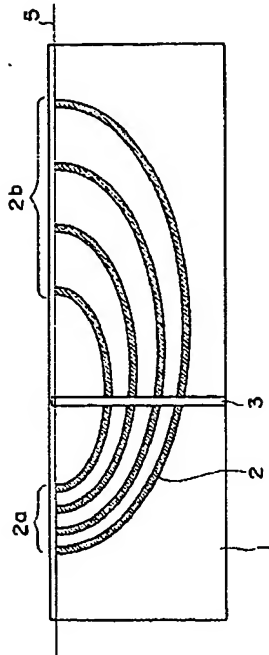
DRAWINGS

---

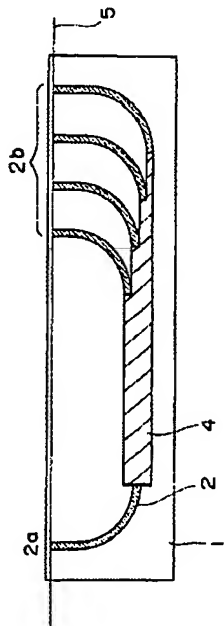
[Drawing 1]



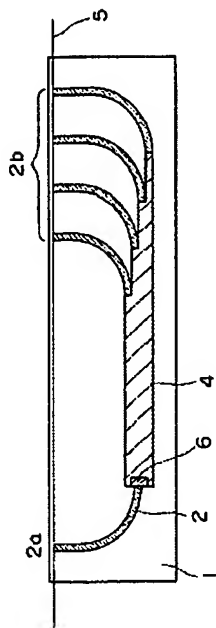
[Drawing 2]



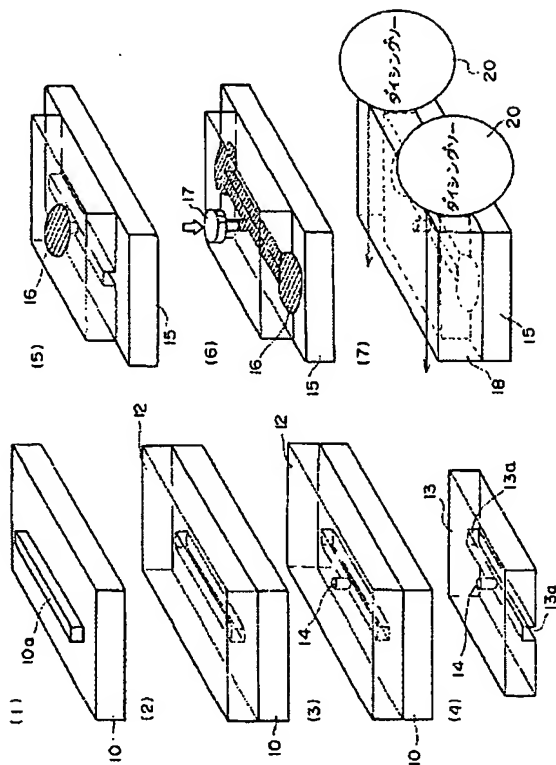
[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Translation done.]

JP 2004-109927 A 2004.4.8

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-109927

(P2004-109927A)

(43) 公開日 平成16年4月8日(2004. 4. 8)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

G02B 6/13

F I

G02B 6/12

M

テーマコード(参考)

2H047

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2002-276029(P2002-276029)  
(22) 出願日 平成14年9月20日(2002. 9. 20)(71) 出願人 000005496  
富士ゼロックス株式会社  
東京都港区赤坂二丁目17番22号  
(74) 代理人 100079049  
弁理士 中島 淳  
(74) 代理人 100084995  
弁理士 加藤 和祥  
(74) 代理人 100085279  
弁理士 西元 皓一  
(74) 代理人 100088025  
弁理士 福田 浩志  
(72) 発明者 清水 敬司  
神奈川県足柄下郡中井町境430グリーン  
テクナカイ 富士ゼロックス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高分子光導波路の製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 簡便な方法により、低コストで導波損失の少ない高分子光導波路の製造方法の提供である。

【解決手段】 導波路の1つまたは複数の始点、及び導波路の複数の終点の全てを同一直線に沿って有する高分子光導波路の製造方法であって、型に形成された前記凸部に対応する凹部が露出するように、前記同一直線を介して導波路でない側を切断または打ち抜くことにより鋳型を作製する工程、該鋳型との密着性が良好なクラッド基材を密着させる工程、前記切断または打ち抜かれて露出した始点側または終点側の凹部を樹脂入力部として硬化性樹脂を接触させ、該硬化性樹脂を毛細管現象により前記鋳型の凹部に進入させる工程、進入させた硬化性樹脂を硬化させる工程、及びコア部分及びクラッド層が形成されたクラッド基板を、前記同一直線に沿って一度に切断する工程、を含むことを特徴とする高分子光導波路の製造方法である。

【選択図】 なし

19

(2)

JP 2004-109927 A 2004.4.8

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

導波路の 1 つまたは複数の始点、及び導波路の 1 つまたは複数の終点の全てを同一直線に沿って有する高分子光導波路の製造方法であって、  
 コア部分に相当する凸部が形成された原盤の表面に、鑄型形成用エラストマーの層を形成した後剥離して型を取り、次いで前記型に形成された前記凸部に対応する凹部が露出するように、前記同一直線を介して導波路でない側を形成することにより鑄型を作製する工程、前記鑄型の凹部を有する面に該鑄型との密着性が良好なクラッド基材を密着させる工程、前記形成された始点側または終点側の露出した凹部を樹脂入力部として硬化性樹脂を接触させ、該硬化性樹脂を毛細管現象により前記鑄型の凹部に進入させる工程、進入させた硬化性樹脂を硬化させる工程、及びコア部及びクラッド層が形成されたクラッド基板を、前記同一直線に沿って一度に切断する工程、を含むことを特徴とする高分子光導波路の製造方法。 19

## 【請求項 2】

前記コア部及びクラッド層が形成された複数のクラッド基板を、各々の前記同一直線がそろるように積み重ね、該同一直線に沿って一度に切断することを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。

## 【請求項 3】

前記形成された始点側及び終点側の露出した凹部に加え、前記鑄型のクラッド基材と密着させる面の反対側の面から、前記凹部に連通するように貫通口を設け、該貫通口を樹脂入力口、前記露出した始点側及び終点側の凹部を樹脂出力部として硬化性樹脂を進入させた後、前記樹脂入力口に、鑄型の厚みから前記凸部の高さ寸法を減じた深さまで樹脂押し出し部材を挿入することにより、前記硬化性樹脂を毛細管現象により鑄型の凹部に進入させる工程を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。 20

## 【請求項 4】

前記コア部及びクラッド層が形成された複数のクラッド基板を、各々の前記同一直線がそろるように積み重ね、該同一直線に沿って一度に切断することを特徴とする請求項 3 に記載の高分子光導波路の製造方法。

## 【請求項 5】

前記形成された始点側及び終点側の露出した凹部に加え、導波路が分岐している場合には、前記鑄型のクラッド基材と密着させる面の反対側の面から、前記凹部の分岐のミキシング部分全体に連通するように貫通口を設け、該貫通口を樹脂入力口、前記露出した始点側及び終点側の凹部を樹脂出力部として硬化性樹脂を進入させた後、前記樹脂入力口に、鑄型の厚みから前記凸部の高さ寸法を減じた深さまで樹脂押し出し部材を挿入することにより、前記硬化性樹脂を毛細管現象により鑄型の凹部に進入させる工程を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の高分子光導波路の製造方法。 30

## 【請求項 6】

前記コア部及びクラッド層が形成された複数のクラッド基板を、各々の前記同一直線がそろるように積み重ね、該同一直線に沿って一度に切断することを特徴とする請求項 5 に記載の高分子光導波路の製造方法。 40

## 【請求項 7】

前記硬化性樹脂を毛細管現象により鑄型の凹部に進入させる工程において、前記樹脂入力口に拡散板を、先端がクラッド基材に密着するように挿入することを特徴とする請求項 5 に記載の高分子光導波路の製造方法。

## 【請求項 8】

前記硬化性樹脂を毛細管現象により鑄型の凹部に進入させる工程において、前記樹脂入力口に、さらに挿入方向の寸法が前記凸部の高さと同しく、かつコア部分と屈折率の等しい導光板を、先端がクラッド基材に密着するように挿入することを特徴とする請求項 5 に記載の高分子光導波路の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

50



(3)

JP 2004-109927 A 2004.4.8

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光導波路、特にフレキシブルな高分子光導波路を低コストで製造するための製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

高分子導波路の製造方法としては、(1) フィルムにモノマーを含浸させて、コア部を選択的に露光して屈折率を変化させフィルムを張り合わせる方法(選択重合法)、(2) コア層及びクラッド層を塗布後、反応性イオンエッチングを用いてクラッド部を形成する方法(RIE法)、(3) 高分子材料中に感光性の材料を添加した紫外線硬化樹脂を用いて、露光・現像するフォトリソグラフィ法を用いる方法(直接露光法)、(4) 射出成形を利用する方法、(5) コア層及びクラッド層を塗布後、コア部を露光してコア部の屈折率を変化させる方法(フォトリソグラフィ法)等が提案されている。

【0003】

しかし、(1)の選択重合法はフィルムの張り合わせに問題があり、(2)や(3)の方法は、フォトリソグラフィ法を使うためコスト高になる。また、(4)の方法は、コア径の精度に課題があり、(5)は十分な屈折率差が採れないという課題がある。現在、性能的に優れた実用的な方法は、(2)や(3)の方法だけであるが、どの技術も大面積でフレキシブルなプラスチック基材に高分子導波路を形成するのに適したものではない。

【0004】

また、高分子光導波路を製造する方法として、キャピラリーとなる溝のパターンが形成されたパターン基板(クラッド)にコア用のポリマー前駆体材料を充填し、その後硬化させてコア層を作り、その表面に平面基板(クラッド)を貼り合わせる方法が知られているが、この方法ではキャピラリー溝にだけでなく、パターン基板と平面基板との間にも全面的にポリマー前駆体材料が薄く充填され硬化されてコア層と同じ組成の薄い層が形成される結果、この薄い層を通して光が漏洩してしまうという問題があった。

【0005】

この問題を解決する方法の1つとして、デビット・ハートは、キャピラリーとなる溝のパターンが形成されたパターン基板と平板とをクランプ用治具で密着させ、減圧させてモノマー溶液をキャピラリーに充填させることで製造する高分子光導波路の製造方法を提案している(例えば、特許文献1参照)。

【0006】

しかし、この方法はクランプを用いて平板と密着させないと、コア部以外にもモノマー溶液が含浸し精密な導波路構造を形成することができず煩雑な方法であり、また、モノマー溶液を重ねさせ高分子化(固化)するときに体積変化を起こし、コアの形状が変化するという欠点があった。また、キャピラリーを除去するときにモノマー溶液が重合した高分子とキャピラリーとが部分的に接着していることから、コア形状を崩してしまうという欠点も有していた。

【0007】

また、最近、ハーバード大学のGeorge M. Whitesidesらは、ナノ構造を作る新技術に関し、フォトリソグラフィの1つとして毛細管マイクロモールドという方法を提唱している。これは、フォトリソグラフィを利用してマスター基板を作り、ポリジメチルシロキサン(PDMS)の密着性と容易な剥離性を利用してナノ構造をマスター基板からPDMSの鋳型に写し取り、この鋳型に毛細管現象を利用して液体ポリマーを流し込んで固化させる方法である(例えば、非特許文献1参照)。

【0008】

また、上記ハーバード大学のGeorge M. WhitesidesのグループのKim Enochらによって、毛細管マイクロモールド法に関する特許が出願されている(例えば、特許文献2参照)。

【0009】

(4)

JP 2004-109927 A 2504.4.8

しかし、この特許に記載の製造方法は、光導波路のコア部のように断面積が小さい場合には、コア部を形成するのに時間がかかり、量産に適さない。また、モノマー溶液が反応して固化するときに体積変化を起こし、コアの形状が変化し、透過損失（導波損失）が大きくなるという欠点があった。

【0010】

本発明者らは、既に毛細管現象を使った高分子導波路の複製製造により、コア形状を高精度に維持して、導波損失の少ない、かつ挿入損失の少ない高分子光導波路を製造する方法を提案しているが（例えば、特許文献3参照）、この方法においては、コアとなる紫外線硬化樹脂もしくは熱硬化樹脂が、樹脂の入口及び出口から垂れ流しの状態になるため、損失の少ない鏡面を実現するためには、切断もしくはそれに加えて研磨を行うなどの端面処理が必要となる。この処理はすべての入口と出口とについて必要になり、その都度、段取り換えを行う工程が発生する場合があった。

【0011】

【特許文献1】

特許第3151364号明細書

【特許文献2】

米国特許第6355198号明細書

【特許文献3】

特願2002-187473号明細書

【非特許文献1】

SCIENTIFIC AMERICAN September 2001 (日経サイエンス2001年12月号)

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記従来技術の問題点を解決することを目的とする。

すなわち、本発明は、簡便な方法により、低コストで導波損失の少ない高分子光導波路の製造方法の提供を目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記課題は、以下の本発明により達成される。具体的な方法としては、本発明者らが提案している毛細管現象を使って、コア形状を高精度に維持して、導波損失が少なく、かつ挿入損失の少ない高分子光導波路を製造する方法に関し、特に作業工程を削減する方法を見出したものである。

【0014】

すなわち本発明は、

<1> 導波路の1つまたは複数の始点、及び導波路の複数の終点の全てを同一直線に沿って有する高分子光導波路の製造方法であって、コア部分に相当する凸部が形成された原盤の表面に、鑄型形成用エラストマーの層を形成した後剥離して型を取り、次いで前記型に形成された前記凸部に対応する凹部が露出するように、前記同一直線を介して導波路でない側を形成することにより鑄型を作製する工程、前記鑄型の凹部を有する面に該鑄型の密着性が良好なクラッド基材を密着させる工程、前記形成された始点側または終点側の露出した凹部を樹脂入力部として硬化性樹脂を接触させ、該硬化性樹脂を毛細管現象により前記鑄型の凹部に進入させる工程、進入させた硬化性樹脂を硬化させる工程、及びコア部分及びクラッド層が形成されたクラッド基板を、前記同一直線に沿って一度に切断する工程、を含むことを特徴とする高分子光導波路の製造方法である。

【0015】

<2> 前記コア部及びクラッド層が形成された複数のクラッド基板を、各々の前記同一直線がそろうように積み重ね、該同一直線に沿って一度に切断することを特徴とする<1>に記載の高分子光導波路の製造方法である。

【0016】

(5)

JP 2004-109927 A 2004.4.8

<3> 前記形成された始点側及び終点側の露出した凹部に加え、前記鋳型のクラッド基材と密着させる面の反対側の面から、前記凹部に連通するように貫通口を設け、該貫通口を樹脂入力口、前記露出した始点側及び終点側の凹部を樹脂出力部として硬化性樹脂を導入させた後、前記樹脂入力口に、鋳型の厚みから前記凸部の高さ寸法を減じた深さまで樹脂押し出し部材を挿入することにより、前記硬化性樹脂を毛細管現象により鋳型の凹部に進入させる工程を行うことを特徴とする<1>に記載の高分子光導波路の製造方法である。

【0017】

<4> 前記コア部及びクラッド層が形成された複数のクラッド基板を、各々の前記同一直線がそろうように積み重ね、該同一直線に沿って一度に切断することを特徴とする<3> 19  
>に記載の高分子光導波路の製造方法である。

【0018】

<5> 前記形成された始点側及び終点側の露出した凹部に加え、導波路が分岐している場合には、前記鋳型のクラッド基材と密着させる面の反対側の面から、前記凹部の分岐のミキシング部分全体に連通するように貫通口を設け、該貫通口を樹脂入力口、前記露出した始点側及び終点側の凹部を樹脂出力部として硬化性樹脂を導入させた後、前記樹脂入力口に、鋳型の厚みから前記凸部の高さ寸法を減じた深さまで樹脂押し出し部材を挿入することにより、前記硬化性樹脂を毛細管現象により鋳型の凹部に進入させる工程を行うことを特徴とする<1>に記載の高分子光導波路の製造方法である。

【0019】

20

<6> 前記コア部及びクラッド層が形成された複数のクラッド基板を、各々の前記同一直線がそろうように積み重ね、該同一直線に沿って一度に切断することを特徴とする<5> 20  
>に記載の高分子光導波路の製造方法である。

【0020】

<7> 前記硬化性樹脂を毛細管現象により鋳型の凹部に進入させる工程において、前記樹脂入力口に拡散板を、先端がクラッド基材に密着するように挿入することを特徴とする<5> 20  
>に記載の高分子光導波路の製造方法である。

【0021】

<8> 前記硬化性樹脂を毛細管現象により鋳型の凹部に進入させる工程において、前記樹脂入力口に、さらに挿入方向の寸法が前記凸部の高さと同様に、かつコア部分と屈折率の等しい導光板を、先端がクラッド基材に密着するように挿入することを特徴とする<5> 30  
>に記載の高分子光導波路の製造方法である。

【0022】

さらに、本発明においては、前記クラッド基材が平坦であることが好ましく、前記クラッド基材がフレキシブルである場合は、該フレキシブル基材が高分子光導波路作製プロセス時に平坦な剛体によって裏面を支えられていることが好ましい。

【0023】

前記クラッド基材の屈折率は、1.55以下であることが好ましく、上記クラッド基材は脂環式オレフィン樹脂フィルムであることが好ましく、前記脂環式オレフィン樹脂フィルムが主鎖にノルボルネン構造を有しかつ側鎖に極性基をもつ樹脂フィルムであることがより好ましい。 40

【0024】

後述するコア部が形成されたクラッド基材表面に形成する、クラッド層が、紫外線硬化性樹脂または熱硬化性樹脂を塗布した後硬化させることにより形成されることが好ましい。また、前記クラッド層は、クラッド基材を該基材に近い屈折率をもつ接着剤により貼り合わせるにより形成されることが好ましい。

【0025】

前記鋳型形成用エラストマーは、液状の硬化性シリコンエラストマーを硬化したものであることが好ましく、前記鋳型の表面エネルギーは10～30mN/mの範囲であることが好ましい。また、前記鋳型のショア（Shore）ゴム硬度が15～80°の範囲であ 50

(6)

JP 2004-109927 A 2004.4.8

ること、前記鋳型の二次平均粗さ (RMS)  $R_q$  が  $0.5 \mu\text{m}$  以下であることが好ましい。さらに、前記鋳型の厚さが、 $0.1 \sim 50 \text{mm}$  の範囲であることが好ましい。

【0026】

前記コア部を形成する硬化性樹脂が紫外線硬化性樹脂または熱硬化性樹脂であることが好ましく、前記紫外線硬化性樹脂または熱硬化性樹脂の粘度は、 $10 \sim 2000 \text{mPa} \cdot \text{s}$  の範囲であることが好ましい。また、前記紫外線硬化性樹脂または熱硬化性樹脂を硬化させたときの体積変化が、 $10\%$  以下であることが好ましい。

【0027】

前記クラッド層の屈折率が、クラッド基材と同じであることが好ましく、前記コアとなる紫外線硬化性樹脂または熱硬化性樹脂の硬化物の屈折率が、 $1.55$  以上であることが好ましい。また、前記クラッド基材及びクラッド層とコアとの屈折率差が、 $0.02$  以上であることが好ましい。

【0028】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を詳細に説明する。

本発明の高分子光導波路の製造方法は、ポリジメチルシロキサン (PDMS) に代表される鋳型用エラストマーを用いたマイクロモールディング法を利用することにより、簡便な方法で高精度なコア形状の鋳型を作製し、クラッド層になる低屈折率のフィルム等と鋳型用エラストマーとの密着性の良さを利用して、鋳型の凹部のみに紫外線硬化性あるいは熱硬化性樹脂を充填し、固化させることでコア部を形成し、鋳型を剥離した後、クラッド層を塗布・固化させることで低コストで高分子光導波路を形成するものである。

【0029】

また、前記 PDMS は、一般に屈折率が  $1.43$  程度と低いために鋳型中の樹脂から剥離させずに、PDMS 鋳型をクラッド層としてそのまま利用することもできる。この場合には、充填した紫外線硬化性樹脂あるいは熱硬化性樹脂と PDMS の鋳型とが、さらにはクラッド基材となる低屈折率フィルムと密着させた PDMS の鋳型とが剥がれないような工夫が必要になる。

【0030】

本発明においては、表面にコア層が形成されるフレキシブルなフィルム基材または剛体基材がクラッド層を兼ねており、上記フィルムまたは剛体の表面に、これらより高い屈折率を持ったコア層 (コア部) を形成するだけで、高分子光導波路として機能する。このとき、コア部の形成には、PDMS に代表される鋳型用エラストマーを鋳型として用いたマイクロモールディング法を用いる。鋳型用エラストマーは、基材との密着性及び剥離性に優れており、ナノ構造を写し取る能力を持つ。従って、基材に密着させた場合には、液体の進入さえ防ぐことができ、フィルム基材と鋳型とで毛細管を形成した場合、毛細管のみに液体が充填されるという特徴を持つ。また、PDMS の鋳型は剥離性にも優れているため、一度密着しても容易に剥がすことができる。つまり、PDMS を鋳型として樹脂を充填し、該樹脂を固化した場合には、高精度に形状を維持して鋳型を上記樹脂から剥がすことが可能であり、光導波路のコア部などの形成方法として非常に有効である。

【0031】

このような高分子光導波路の製造方法に関し、本発明は、導波路の 1 つまたは複数の始点、及び導波路の 1 つまたは複数の終点の全てを同一直線に沿って有する高分子光導波路の製造方法であって、コア部分に相当する凸部が形成された原盤の表面に、鋳型形成用エラストマーの層を形成した後剥離して型を取り、次いで前記型に形成された前記凸部に対応する凹部が露出するように、前記同一直線を介して導波路でない側を形成することにより鋳型を作製する工程、前記鋳型の凹部を有する面に該鋳型との密着性が良好なクラッド基材を密着させる工程、前記形成された露出した始点側または終点側の凹部を樹脂入力部として硬化性樹脂を接触させ、該硬化性樹脂を毛細管現象により前記鋳型の凹部に進入させる工程、進入させた硬化性樹脂を硬化させる工程、及びコア部分及びクラッド層が形成されたクラッド基板を、前記同一直線に沿って一度に切断する工程を含むことを特徴とする

(7)

JP 2004-109927 A 2004.4.8

。以下、本発明を各工程に沿って説明する。

#### 【0032】

—鑄型を作成する工程—

コア部に相当する凸部を形成した原盤の作製には、従来方法、例えばフォトリソグラフィ法などを特に制限なく用いることができる。また、本出願人が既に提案している電着法または光電着法により高分子光導波路を作製する方法も、原盤を作製するのに適用できる。上記原盤の材質としては、シリコン基板、ガラス基板などが用いられ、原盤に形成される前記凸部の大きさは、高分子光導波路の用途等に応じて適宜決められる。例えば、シングルモード用の光導波路の場合には、 $10\mu\text{m}$ 角程度のコアを、マルチモード用の光導波路の場合には、 $50\sim100\mu\text{m}$ 角程度のコアが一般的に用いられるが、用途によっては数百 $\mu\text{m}$ 程度とさらに大きなコア部を持つ光導波路も利用される。

#### 【0033】

本発明により製造される高分子光導波路は、導波路の1つまたは複数の始点、及び導波路の1つまたは複数の終点の全てを同一直線に沿って有するものであるため、前記コア部に相当する凸部の形状は、始点から終点にかけて曲がった形状となっている。また、始点が複数の場合はそれらに対応した複数のコア部の終点となることもあるし、いずれかのコア部が分岐していることもある。

#### 【0034】

型は、前記のようにして作製した原盤の凸部を有する面に、鑄型形成用エラストマーの層を形成した後剥離して作製される。

鑄型形成用エラストマーの材料としては、原盤から容易に剥離することができること、鑄型（繰り返し用いる）として一定以上の機械的強度・寸法安定性を有することが好ましい。鑄型形成用エラストマーの層は、鑄型形成用エラストマーあるいはこれに必要に応じて各種添加剤を加えたものから形成される。

#### 【0035】

上記鑄型形成用エラストマーは、原盤に形成された個々の光導波路形状を正確に写し取らなければならないので、ある限度以下の粘度、例えば、 $2000\sim7000\text{mPa}\cdot\text{s}$ の範囲程度とすることが好ましい。また、粘度調節のために溶剤を、溶剤による悪影響が出ない程度に加えることができる。

なお、上記粘度は、一般の回転型粘度型を用いて測定することができる。

#### 【0036】

前記鑄型形成用エラストマーの材料としては、硬化性シリコンエラストマー（熱硬化型、室温硬化型、光硬化型）が、剥離性、機械強度・寸法安定性の観点から好ましく用いられる。

本発明に用いられる硬化性シリコンエラストマーは、3次元に架橋する構造のシリコンエラストマーである。該3次元に架橋する構造のシリコンエラストマーは、通常、多官能性（3官能性、4官能性）単位から重合され、架橋構造を持つ。また、本発明に用いられる硬化性シリコンエラストマーには、例えば加硫剤等を添加後、加熱硬化によって、分子量（シロキサン単位） $5000\sim10000$ 程度に重合されたシリコンゴム等も含まれる。

#### 【0037】

本発明において、前記硬化性シリコンエラストマーを用いることが必要である理由は、以下の通りである。

前記硬化性シリコンエラストマーは、 $\text{Si}-\text{O}$ 結合に起因して、表面エネルギーが低いため、本質的に、優れた離型性、非相溶性を示す。しかし、その硬化条件等を制御することにより、優れた接着性をも発現させることが可能であり、剥離性と接着性とを両立した鑄型を得ることが可能となるためである。

#### 【0038】

硬化を支配する因子としては、構成成分の反応基種、反応基数；硬化時間、温度；照射エ

(8)

JP 2004-109927 A 2004.4.8

エネルギー：等が挙げられる。従って、前記硬化条件を制御する方法としては、例えば、単官能性や2官能性のポリジメチルシロキサンや、反応制御剤（アセチレンアルコール類、環状メチルビニルシクロシロキサン、シロキサン変性アセチレンアルコール類等）等を添加する方法や、触媒量、反応温度、反応時間、光（UV）照射強度等を調整する方法等が挙げられる。これらの方法により硬化条件を制御すれば、硬化性シリコーンエラストマーの分子量、反応基としてのシラノール残存量等を調節できるため、離型性、硬さ、表面硬度、接着性、透明性、耐熱性、化学的安定性等を自由に制御することが可能となる。

#### 【0039】

前記硬化性シリコーンエラストマーとしては、例えば、熱硬化性（縮合型、付加型）及び光硬化性のシリコーンエラストマー等として、以下の具体例が挙げられる。

19

熱硬化性シリコーンエラストマーのうち、縮合型の硬化性シリコーンエラストマーとしては、末端にシラノール基を有するポリジメチルシロキサン等をベースポリマーとし、架橋剤としてポリメチルヒドロジェンシロキサン等を配合し、有機スズ等の有機酸金属塩やアミン類等の触媒存在下で加熱縮合して合成した硬化性シリコーンエラストマーや；水酸基、アルコキシ基等の反応性の官能性基を末端に持つポリジオルガノシロキサンを反応させて合成した硬化性シリコーンエラストマーや；3官能性以上のクロロシラン、または、これらと1、2官能性のクロロシランとの混合物等を加水分解したシラノールを縮合して合成したポリシロキサンエラストマー；等が挙げられる。

#### 【0040】

熱硬化性シリコーンエラストマーのうち、付加型の硬化性シリコーンエラストマーとしては、ビニル基を含有するポリジメチルシロキサン等をベースポリマーとし、架橋剤としてポリジメチルヒドロジェンシロキサンを配合して、白金触媒の存在下で反応・硬化させて合成した硬化性シリコーンエラストマー等が挙げられる。

20

なお、前記付加型の硬化性シリコーンエラストマーは、形態的には溶剤型、エマルジョン型、及び無溶剤型に分類されるが、本発明には無溶剤型が好適に用いられる。

#### 【0041】

前記光硬化性のシリコーンエラストマーとしては、光カチオン触媒を利用して合成した硬化性シリコーンエラストマーや、ラジカル硬化機構を利用して合成した硬化性シリコーンエラストマー等が挙げられる。

#### 【0042】

前記硬化性シリコーンエラストマーとしては、低分子量の液体樹脂であって、十分な浸透性が望めるものが好ましく用いられる。前記硬化性シリコーンエラストマーの粘度は500～7000mPa・sの範囲であることが好ましく、2000～5000mPa・sの範囲であることがより好ましい。

39

硬化性シリコーンエラストマーとしては、メチルシロキサン基、エチルシロキサン基、フェニルシロキサン基を含むものが好ましく、特に硬化性ジメチルシロキサンエラストマーが好ましい。

#### 【0043】

また、前記原盤にはあらかじめ離型剤塗布などの離型処理を行なって鑄型との剥離を促進させることが望ましい。

40

原盤の凸部を有する面に、鑄型形成用エラストマーの層を形成するには、前記面に鑄型形成用エラストマーの材料を塗布したり注型するなどの方法により鑄型形成用エラストマーの層を形成し、その後必要に応じ乾燥処理、硬化処理などが行なわれる。

鑄型形成用エラストマーの層の厚さは、鑄型としての取り扱い性を考慮して適宜決められるが、0.1～50mmの範囲であることが好ましい。

その後、鑄型形成用エラストマーの層と原盤とを剥離して型とする。

#### 【0044】

次いで、前記型に形成された前記凸部に対応する凹部が露出するように、型を切断または打ち抜くなどの手段により鑄型を作製する。凹部が露出するように型を切断、打ち抜きを行うのは、後の工程で、この露出した凹部を樹脂入力部または樹脂出力部として、紫外線

59

(9)

JP 2004-109927 A 2004.4.8

硬化性樹脂または熱硬化性樹脂を毛細管現象により前記鋳型の凹部に進入させたり、排出させたりするためである。

【0045】

本発明においては、後述するように、最終的にコア部分及びクラッド層が形成されたクラッド基板を、前記同一直線に沿って一度に切断するため、鋳型の作成にあたっては、前記同一直線を介して導波路でない側を切断または打ち抜くことが必要である。具体的には、前記凹部の、導波路部分（コア部）が前記同一直線（始点または終点）を超えて導波路でない側に延長された直後の部分で切断または打ち抜きを行うことが好ましい。

【0046】

なお、両端部を露出させる手段としては、カッターやパンチャーなどの他にも種々の手段を用いることが可能である。

【0047】

上記鋳型の表面エネルギーは、フィルム基材との密着性の観点から、 $10 \sim 30 \text{ mN/m}$ の範囲であることが好ましく、 $15 \sim 24 \text{ mN/m}$ の範囲であることがより好ましい。なお、上記表面エネルギーは、表面張力成分が既知の各種溶剤を用いて、鋳型との接触角を測定することにより求めることができる。

【0048】

鋳型のショア（Shore）ゴム硬度は、型取り性能や剥離性の観点から $15 \sim 80^\circ$ の範囲であることが好ましく、 $20 \sim 60^\circ$ の範囲であることがより好ましい。上記鋳型のゴム硬度は、デュロメーターを用いて測定することができる。

【0049】

また、鋳型の表面粗さ（二乗平均粗さ（RMS））は、型取り性能の点からみて、 $0.5 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $0.1 \mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。上記鋳型の表面粗さは、接触式表面粗さ計（αステップ500、テンコール社製）を用いて測定することができる。

【0050】

—鋳型とクラッド基材とを密着させる工程—

本発明により製造される光導波路は、ケーブル、ボード間の光配線や光分波器等としても使用しうるので、その用途に応じて前記クラッド基材の材料としては、該材料の屈折率、光透過性等の光学的特性、機械的強度、耐熱性、鋳型との密着性、フレキシビリティ（可撓性）等を考慮して選択される。本発明においては、可撓性のフィルム基材、剛体基材を用い、高分子光導波路を作製することが好ましい。

【0051】

本発明においては、後述する樹脂入力口からの硬化性樹脂導入や、樹脂押し出し部材による押し付けが伴うため、それに対する不要な変形を防止するためや、作業性を向上させるためにもクラッド基材が平坦な剛体基材であることが望ましい。また前記クラッド基材をフレキシブルなフィルム基板にしたい場合は、導波路作製プロセス時に平坦な剛体、例えばガラス基板などによって裏面を支えることによって、同様の効果が期待できる。

【0052】

用いられるフィルム基材としては、屈折率が比較的小さく透明性を有するという観点から、脂環式アクリルフィルム、脂環式オレフィンフィルム、三酢酸セルロースフィルム、含フッ素樹脂フィルム等が挙げられる。フィルム基材の屈折率は、コア部との屈折率差を確保するため、 $1.55$ より小さいことが好ましく、 $1.53$ より小さいことがより好ましい。

なお、上記屈折率は、例えばアッペ屈折計を用いて測定される（他のコア部等の屈折率の測定も同様である）。

【0053】

前記脂環式アクリルフィルムとしては、例えば、トリシクロデカン等の脂肪族環状炭化水素をエステル置換基に導入した、OZ-1000、OZ-1100（日立化成社製）等が用いられる。



(10)

JP 2004-109927 A 2004.4.8

## 【0054】

また、前記脂環式オレフィンフィルムは透明性、低屈折率という点で本発明に好ましく用いられるが、上記脂環式オレフィンフィルムとしては主鎖にノルボルネン構造を有するもの、及び主鎖にノルボルネン構造を有しかつ側鎖にアルキルオキシカルボニル基（アルキル基としては炭素数1～6のものやシクロアルキル基）等の極性基をもつものが挙げられる。中でも前記のごとき主鎖にノルボルネン構造を有しかつ側鎖にアルキルオキシカルボニル基等の極性基をもつ脂環式オレフィン樹脂は、低屈折率（屈折率が1.50近辺であり、コア・クラッド間の屈折率の差を確保できる）及び高い光透過性等の優れた光学的特性を有し、鋳型との密着性に優れ、さらに耐熱性に優れているため、特に本発明の高分子光導波路の製造方法に好ましく用いられる。例えば、アートンフィルム（J S R（株）<sup>19</sup>社製）、ゼノアフィルム（日本ゼオン社製）等を挙げることができる。

## 【0055】

前記フィルム基材の厚さは、フレキシビリティ、剛性や取り扱いの容易さ等を考慮して適切に選ばれ、0.1mm～0.5mm程度の範囲であることが好ましい。

## 【0056】

—硬化性樹脂を鋳型の凹部に進入させる工程—

この工程においては、樹脂入力部にコアとなる硬化性樹脂を接触させ、該硬化性樹脂を毛細管現象により前記鋳型の凹部に進入（充填）させる。本発明においては、具体的に以下の方法により上記樹脂の充填が行われる。

## 【0057】

まず、前記凹部が露出するように形成した始点側または終点側のいずれか一方を樹脂入力部とし、他方を樹脂出力部として鋳型の凹部に硬化性樹脂を進入させる方法である。<sup>20</sup>

## 【0058】

上記樹脂出力部とは、前記のように樹脂進入工程において常に樹脂が出力されるわけではなく、進入初期においては空気の出口としても機能するものである。したがって、分岐していない導波路が複数存在する場合は問題がないが、例えば、分岐状のコア（導波路）形状において前記終点側を樹脂入力部とした場合には、終点が複数であることから、分岐したいずれかのコア部で他の分岐したコア部より早く硬化性樹脂が分岐部に到達してしまうことにより、他の分岐したコア部への硬化性樹脂の進入が停止してしまうことがある。このため、分岐状コア形状の場合には、始点側を樹脂入力部とすることが好ましい。<sup>30</sup>

## 【0059】

上記方法は導波路長さが5～10cm程度の範囲までは有効な方法であるが、それ以上の長さになると、硬化性樹脂の充填に極端に時間がかかり生産性が低下する難点がある。そこで、次に導波路長さを分割することによって、充填時間を短縮する方法が考えられる。この場合、樹脂の入口に対応した空気及び樹脂の出口が必要であり、かつ樹脂の入口及び出口ともに導波路形状を損なわないような整形が必要となる。

## 【0060】

そこで本発明では、鋳型のクラッド基材と密着させた面の反対側の面から前記凹部に連通するように貫通口を設けることによって、前記両端以外に樹脂の進入口（樹脂入力口）を形成し、実質的に毛細管距離を短縮する方法を用いることが好ましい。<sup>40</sup>

## 【0061】

図1は、始点2aから終点2bにかけて分岐していないコア形状を有する複数の導波路の作製において、鋳型1に貫通口を設ける前の状態を鋳型側から見た図である。本発明においては、樹脂入力口（貫通口）は、各導波路ごとに設けられる穴のような形状に限られず、図2に示すような、鋳型1の導波路とほぼ直交する方向に複数の凹部を跨って開口した形状の樹脂入力口3であってもよい。

樹脂入力口をこのような形状とすることにより、図2に示すように複数のコア部に対し、同時に硬化性樹脂を進入させることができ、コア部の作製時間をさらに短縮することができるため、コストを低減させるという観点から有効である。

## 【0062】

<sup>50</sup>



(11)

JP 2004-109927 A 2004.4.8

そして、本発明では硬化性樹脂を前記凹部に進入させた後、上記樹脂入力口 3 に、樹脂押し出し部材を鋳型 1 の厚みから前記原盤の凸部の高さ寸法を減じた深さまで挿入することによって、樹脂入力口 3 に残る余分な樹脂をコア溝に押し出し、樹脂充填完了後の導波路形状の乱れを最小限に抑えることができる。

【0063】

また、本発明においては、コア（導波路）が分岐している場合には、前記鋳型のクラッド基材と密着させる面の反対側の面から、前記凹部の分岐のミキシング部分（分岐部分）全体に連通するように貫通口を設け、これを樹脂入力口とし、前記切断または打ち抜いた導波路の始点側及び終点側を樹脂出力部とすることが好ましい。

なお、上記分岐のミキシング部分とは、導波路が分岐した場合に分岐前の導波路における光が均等に分割されるのに必要とされる範囲をいう。

【0064】

これによって、前記と同様に導波路の始点側または終点側から注入する場合に比べ充填長さが減少するため、より効率的に樹脂を充填することが可能になる。また、この場合も同様に凹部への硬化性樹脂充填後、前記樹脂入力口に、鋳型の厚みから前記凸部の高さ寸法を減じた深さまで樹脂押し出し部材を挿入することが好ましく、これによって、毛細管現象によるものだけよりさらに充填速度を向上させることができる。

【0065】

図 3 に、分岐したコア形状を有する導波路の作製において、前記ミキシング部分に貫通口を設け、これを樹脂入力口として硬化性樹脂を充填させた状態を示す。

分岐した導波路においては、前記導波路の始点や終点よりミキシング部分は導波路部分の幅が広いので、前記貫通口がミキシング部分の極一部の領域に設けられ、樹脂入力口とされる場合は、ミキシング部分全体にコア用硬化性樹脂が充填されずに空気部分が残ってしまう恐れがある。そこで、図 3 に示すように、コアを二分するような位置と大きさに樹脂入力口 4 を設けることによって、このような恐れを減少させることが可能である。

【0066】

上記コアを二分する位置とは、前記ミキシング部分を含み、図 3 に示すように樹脂入力口 4 が分岐前後の各々のコアのほぼ中心を占めることが好ましく、大きさとしては、幅が少なくとも各コアの幅を総和した長さであることが好ましい。図 3 においては、ミキシング部分と同一の位置、大きさに樹脂入力口 4 が設けられている。

【0067】

なお、上記樹脂入力口 3、4 の形成は、前記鋳型作成工程において、鋳型の切断または打ち抜きの前に行ってもよいし、切断または打ち抜きの後に行ってもよい。また、上記樹脂出力部とは、前記のように樹脂進入工程において常に樹脂が出力されるわけではなく、進入初期においては空気の出口としても機能するものである。

【0068】

硬化性樹脂を毛細管現象により鋳型とクラッド基材との間に形成された空隙（鋳型の凹部）に充填させるため、用いる硬化性樹脂はそれが可能なように十分低粘度である必要がある。一般に、液体の充填に毛細管現象を使うために管の径が小さければ小さいほど充填速度が遅くなり、実用的な速度での充填が不可能になる。従って、毛細管現象の充填速度を上げることが実際に使うときに課題となる。充填速度を上げる方法としては、液体の粘度を下げるものと圧力を下げるのが効果的である。通常、粘度は、 $5000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$  以下であることが好ましく、 $1000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$  以下であることがより好ましい。

【0069】

また、前記硬化性樹脂の硬化後の屈折率はクラッドを構成する高分子材料よりも高いことが必要である。このほかに、原盤に形成されたコア部分に相当する凸部が有する元の形状を高精度に再現するため、前記硬化性樹脂の硬化前後の体積変化が小さいことが必要である。例えば、体積が減少すると導波損失の原因になる。したがって、前記硬化性樹脂は、硬化前後の体積変化ができるだけ小さいものが望ましく、体積変化率が  $10\%$  以下であることが好ましく、 $6\%$  以下であることがより好ましい。なお、溶剤を用いて低粘度化する

(12)

JP 2004-109927 A 2004.4.8

ことは、硬化前後の体積変化が大きいので避ける方が好ましい。

【0070】

以上の観点から、前記硬化性樹脂の粘度は、 $10 \sim 2000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ の範囲であることが好ましく、 $20 \sim 1000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ の範囲であることがより好ましく、 $30 \sim 500 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ の範囲であることがさらに好ましい。但し、溶剤などを用いて硬化性樹脂も粘度を低下させた場合には、固化したときに体積変化が大きく、前記のように元の形状を高精度に保てないという欠点がある。従って、使用する充填用の硬化性樹脂は溶剤フリーで体積変化ができるだけ小さい材料を選択する必要がある。

【0071】

また、前記のように、コアとなる硬化性樹脂の硬化物の屈折率は、クラッドとなる前記フ  
ィルム基材や剛体基材より大きいことが必要であり、クラッドとコアの屈折率の差は、0  
．02以上であることが好ましく、0．05以上であることがより好ましい。しかし、硬  
化性樹脂と密着性の高いフィルム基材は、屈折率が1．50近辺のものが多いため、硬化  
性樹脂の屈折率は1．52以上であることが好ましく、1．55以上であることがより好  
ましい。

【0072】

上記硬化性樹脂としては、紫外線硬化性樹脂または熱硬化性樹脂が好ましく用いられる。  
前記硬化性樹脂の材質としては、エポキシ系、ポリイミド系、アクリル系紫外線硬化性樹  
脂が好ましく用いられる。

【0073】

なお、この工程において、フィルム基材を密着させた鋳型の一端を、コアとなる硬化性樹  
脂に接触させて、該硬化性樹脂を毛細管現象により前記鋳型の凹部に充填することを促進  
するため、この系全体を減圧（ $0.1 \sim 200 \text{ Pa}$ 程度）することが望ましい。また系全  
体を減圧にする代わりに、鋳型の、前記硬化性樹脂と接触する一端とは異なる端からポン  
プで吸引したり、あるいは前記硬化性樹脂と接触する一端において加圧したりすることも  
できる。

また、前記充填を促進するため、前記減圧及び加圧に代え、あるいはこれらに加えて、鋳  
型の一端に接触させる硬化性樹脂を加熱することにより、より硬化性樹脂を低粘度化する  
ことも有効な手段である。

【0074】

なお、本発明のように導波路の途中に貫通口を設け、該貫通口を樹脂入力口とした場合に  
は、コア用硬化性樹脂と共に導波路に異種の光学素子を導入することができる。

例えば、前記分岐状のコア（導波路）の場合には、導波路長さが短くても、図4の鋳型側  
からの正面図に示すように、光を均等に拡散する拡散板6を樹脂入力口4（ミキシング部  
）に配置することにより、分岐比のばらつきを抑えることができる。本発明では、樹脂入  
力口4からコア用硬化性樹脂を充填した後、樹脂入力口4を利用して拡散板6を挿入し、  
そのままコアを硬化させることによって、容易に拡散板6が挿入された高分子光導波路を  
製造することができる。

【0075】

上記拡散板6としては、ホログラムやグレーティングを利用したもの等を用いることがで  
き、拡散板6を挿入する位置としては、分岐部の分岐直前（ミキシング部分の始まる部分  
）の位置とすることが好ましい。

【0076】

また、同様に樹脂入力口からコア用硬化性樹脂を充填した後、樹脂入力口を利用して挿入  
方向の寸法が前記凸部の高さと同しく、かつコア部と屈折率の等しい導光板を挿入し、そ  
のままコアを硬化させることによって、容易に該導光板が挿入された高分子光導波路を製  
造することも可能である。

【0077】

一進入させた硬化性樹脂を硬化させる工程一

進入させた硬化性樹脂を硬化させるには、紫外線ランプ、紫外線LED、UV照射装置等

(13)

JP 2004-109927 A 2004.4.8

が用いられる。また、熱硬化性樹脂を導入させた場合には、硬化のためにオープン中での加熱等が用いられる。

【0078】

硬化後は、鋳型を剥離し、コア部が形成されたクラッド基材表面にクラッド層を形成し、高分子光導波路とする。なお、既述の如く、前記鋳型をそのままクラッド層として用いることも可能であり、この場合には、鋳型を剥離する必要はなく、そのままクラッド層として利用する。

【0079】

前記クラッド層としては、例えば前記クラッド基材として用いたフィルム、硬化性樹脂（紫外線硬化性樹脂、熱硬化性樹脂）を塗布して硬化させた層、高分子材料の溶液を塗布して乾燥して得られる高分子膜等が挙げられる。クラッド層としてフィルムを用いる場合は、接着剤を用いて貼り合わされるが、その際、接着剤の屈折率がフィルムの屈折率と近いことが望ましい。

【0080】

前記クラッド層の屈折率は、コアとの屈折率差を確保するため、1.55より小さく、好ましくは1.52より小さくすることが望ましい。また、クラッド層の屈折率を前記フィルム基材の屈折率と同じにすることが、光の閉じ込めの点からみて好ましい。

【0081】

ークラッド基板を同一直線に沿って一度に切断する工程ー

本工程は、前記のようにしてコア部及びクラッド層が形成されたクラッド基板を、前記同一直線に沿って一度に切断し、導波路の始点及び終点を形成することにより高分子光導波路として完成させる工程である。

【0082】

図5に、本発明において用いている毛細管現象を利用した高分子光導波路の製造工程の一例を模式的に示す。図5（1）及び（2）は鋳型の作製工程、図5（4）及び（5）は硬化性樹脂の進入工程である。この方法では、図5（3）のように、コア部分に相当する凸部10aを有する原盤10を用いて作製した型12の、クラッド基材と密着させる面と反対側の面における導波路長手方向の中間位置に、前記凹部に連通するように充填用の穴14（樹脂入力口）を開け、図5（5）に示すように、ここからコア用硬化性樹脂16を充填し、鋳型13の切断した両端13a（樹脂出力部）に硬化性樹脂16を出力させることによって、充填長さを実質的に半分にすることができ、充填時間を低減することが可能となっている。

【0083】

上記方法により光導波路基板を完成させるためには、導波路の始点及び終点形成のために何らかの端面処理が必要である。すなわち上記の方法では、図5（6）に示すように、鋳型13の端部から、コアとなる硬化性樹脂が垂れ流しの状態になるため、コア用樹脂の固化に伴い、不定形のまま残ってしまう。そこで、導波路の始点及び終点として損失の少ない鏡面を実現するためには、図5（7）に示すように、始点及び終点の位置で切断、もしくはそれに加えて研磨を行う工程が必要となる。

【0084】

この工程は、導波路の始点及び終点となる部分すべてについて必要であり、その都度、段取り換えを行う工程が発生する。そこで、導波路の全ての始点と終点とを同一直線に沿って配置し、この同一直線に沿ってダイシングソーなどで一度に切断することにより、面倒な精密切断作業を1回で済まし、他の端面は適当に処理することが可能になる。

【0085】

さらに、分岐状の導波路や異なる形状の導波路を有する複数のクラッド基板の場合であっても、これらを積層し各々が有する全ての始点と終点とがそろった同一直線に沿ってダイシングソーで一度に切断することにより、正密切断作業を1回で行うことが可能となり、これによって大幅に工程を削減することができる。

【0086】

(14)

JP 2004-109927 A 2004.4.8

前記同一直線に沿った一度の切断は、ダイシングソーを用いて容易に行うことができるが、切断手段としてはこれに制限されない。

【0087】

以上述べたように、本発明によれば、簡便な方法により、低コストで損失ロスの少ない高精度のコア形状を持つ光導波路が形成でき、かつ生産性に優れ自由度の高いフレキシブルな高分子光導波路を得ることができる。特に、分岐状の導波路においても、切断工程の簡略化及び毛細管現象による充填に要する時間を短縮して生産効率を向上させることができる。

【0088】

【実施例】

19

以下、実施例により本発明をさらに具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

（実施例1）

Si基板（直径6インチ）の表面に、厚膜レジスト（SU-8：マイクロケミカル（株）社製）をスピンコート法で塗布した後、80℃でプリバークし、フォトマスクを通して露光した後、現像して凸部を形成した。次に、120℃でポストバークし、分岐状の凸部を有する光導波路のコア部分形成用原盤を作製した。この光導波路は1対4に分岐していて、図3に示すような、導波路の始点と終点とが同一直線上となるような形状となっている。分岐端の断面形状が50μm角の正方形、分岐前後の曲線部の長さは約7.5mmであり、最終的に250μmの間隔で並んでいる。またミキシング部分の最大幅は200μm、長さは分岐後のコア部分が短い方から順に、19.75mm、20.00mm、20.25mm、20.50mmであった。

20

【0089】

この原盤に離型剤としてノルマルヘキサンを塗布した後、熱硬化性ポリジメチルシロキサン（PDMS）エラストマー（SYLGARD 184：ダウコウニングアジア社製）を流し込み、120℃で30分間加熱することで固化させた後、剥離して、前記断面が正方形の凸部に対応する凹部を持った厚み1mmの型を作製した。なおこの厚みは、非接触式レーザー変位計などを用いて誤差1μm以下の正確さで測定した。さらに、前記型の導波路の始点及び終点がなす同一直線から導波路でない側1mmのところ、前記凹部が露出するようにカッターにより切断して、樹脂出力部を形成し鑄型とした。なお、この鑄型の表面エネルギーは20mN/m、ショア硬度は45°、二乗平均表面粗さは0.05μmであった。

35

【0090】

次に、このPDMSの鑄型のクラッド基材と密着させる面の反対側からミキシング部分全体に連通するように、該ミキシング部分と同一の位置、大きさで、カッターにより切り抜き、これを樹脂入力口とした。この鑄型と、平板ガラスの表面に真空チャックされた鑄型より一回り大きいアトンプイルム（JSR（株）社製、膜厚：188μm、屈折率：1.51）を接触させたところ、両者は密着した。

【0091】

この状態で、PDMSの鑄型の樹脂入力口に、粘度が200mPa・sのエポキシ系紫外線硬化性樹脂（NTT-AT社製）を垂らすことによって、該紫外線硬化性樹脂を樹脂入力口から前記凹部に毛細管現象で充填したところ、約1分で凹部の全領域に前記紫外線硬化性樹脂が充填された。充填完了後、前記樹脂入力口を覆うように、前記切り抜いた鑄型と同じ形状で、かつ先端がPDMSを硬化した樹脂としたピン治具を挿入して、樹脂入力口に充填された樹脂を前記樹脂出力部から追い出した。なお、このピン治具のはめ込み深さは、その構造により導波路となる50μmだけを残すようになっている。すなわち、対応するPDMSの鑄型の厚み測定値に合わせて、鑄型の厚みから50μmを減じた長さとなるように挿入部分が加工されている。また、このときピン先端部と導波路をなす鑄型の凹部の天井部分との位置ずれは5μm以下と推測される。

50

【0092】

(15)

JP 2004-109927 A 2004.4.8

上記状態で、光強度  $50 \text{ mW/cm}^2$  の UV 光を前記 PDMS 鋳型を通して 10 分間照射して前記紫外線硬化性樹脂を固化させ、次いで PDMS の鋳型を剥離したところ、アートンフィルム表面に前記原盤の凸部と同じ形状のコア部が形成された。該コア部の屈折率は、1.54 であった。

【0093】

さらに、上記アートンフィルムのコア部形成面に、屈折率が前記アートンフィルムと同じ 1.51 である紫外線硬化樹脂（NTT-AT 社製）を塗布し、さらにその表面にアートンフィルムを重ねた後、光強度  $50 \text{ mW/cm}^2$  の UV 光を 10 分間照射して固化させ、膜厚  $50 \mu\text{m}$  のクラッド層を形成した。

【0094】

その後、導波路の始点と終点とがなす同一直線に沿って、前記コア部及びクラッド層が形成されたクラッド基板を一度に切断することにより、フレキシブルな高分子光導波路を形成した。なお、上記切断はダイシングソー（ディスコ社製）を用い、回転数  $20000 \text{ rpm}$ 、送り速度  $2 \text{ mm/sec}$  の条件で行った。この高分子光導波路は端部の研磨も必要なしに導波路として機能することが可能であった。また、各分岐の終点で光強度を測定したところ、分岐の不均一性は 10% 以下であった。

【0095】

（実施例 2）

実施例 1 と同じ方法により、断面が  $50 \mu\text{m}$  角の正方形のコア部形成用原盤を作製した。このコア部構造は、分岐していない 4 本の導波路であって、図 2 に示すような、導波路の始点と終点とが同一直線上となるような形状となっている。導波路の長さは約  $100 \text{ mm}$  で、 $250 \mu\text{m}$  ピッチで並んでいる。

【0096】

上記 4 本のコア部に相当する凸部を横切るように、離型剤を塗布した厚み  $50 \mu\text{m}$  の SUS 製の板を、前記凸部を長手方向にはほぼ二分する位置に傾かないように固定し、全体に離型剤を塗布した後、実施例 1 で用いた PDMS 樹脂を流し込んだ。120℃で 30 分間加熱することで固化させた後、剥離して、前記断面が正方形の凸部に対応する凹部を持った厚み  $3 \text{ mm}$  の型を作製した。

【0097】

次に、前記板を外すことによって、PDMS の型に樹脂入力口を形成した。さらに、前記型の導波路の始点及び終点とがなす同一直線から導波路でない側  $1 \text{ mm}$  のところで、前記凹部が露出するようにカッターにより切断して、樹脂出力部を形成し鋳型とした。この鋳型と、ガラス基板表面に真空チャックされた前記アートンフィルムとを接触させたところ、両者は密着した。

【0098】

この状態で、上記 PDMS の鋳型の樹脂入力口に実施例 1 と同様に紫外線硬化性樹脂を垂らすことによって、該紫外線硬化性樹脂を樹脂入力口から前記凹部に毛細管現象で充填したところ、約 2 分で凹部全領域に前記紫外線硬化性樹脂が充填された。充填完了後、前記樹脂入力口に厚み  $50 \mu\text{m}$  の SUS 製の板を挿入し、樹脂入力口に充填された樹脂を前記樹脂出力部から追い出した。なお、このときの挿入深さは、対応する PDMS の鋳型の厚み測定値に合わせて、鋳型の厚みから  $50 \mu\text{m}$  を減じた長さとなるように治具により規定される。

【0099】

上記状態で、光強度  $50 \text{ mW/cm}^2$  の UV 光を前記 PDMS の鋳型を通して 10 分間照射して前記紫外線硬化性樹脂を固化させ、次いで PDMS の鋳型を剥離したところ、アートンフィルム表面に前記原盤の凸部と同じ形状のコア部が形成された。該コア部の屈折率は、1.54 であった。

【0100】

さらに、上記アートンフィルムのコア部形成面に、屈折率が前記アートンフィルムと同じ 1.51 である紫外線硬化樹脂（JSR 社製）を塗布した後、光強度  $50 \text{ mW/cm}^2$  の

10

20

30

40

50

(15)

JP 2004-109927 A 2004.4.8

UV光を10分間照射して固化させ、膜厚50 $\mu$ mのクラッド層を形成した。

【0101】

その後、実施例1と同様に、導波路の始点と終点とがなす同一直線に沿って、前記コア部及びクラッド層が形成されたクラッド基板を一度に切断することにより、フレキシブルな高分子光導波路を作製した。

なお、この高分子光導波路の導波損失は、0.45～0.5dB/cmであった。

【0102】

(実施例3)

実施例2において、図1のように鋳型の上部に樹脂入力口を設けず、導波路の始点に相当する部分を樹脂入力部、終点に相当する部分を樹脂出力部としてコア部を形成した以外は 19  
実施例2と同様にしてフレキシブルな高分子光導波路を作製した。

このときの鋳型の凹部全領域への前記紫外線硬化性樹脂の充填時間は、30分であった。

また、高分子光導波路の導波損失は、0.35～0.38dB/cmであった。

【0103】

(実施例4)

実施例1において、樹脂入力口のミキシング部分の始まる部分に、拡散板（拡散角度が基板と平行な方向に40度、垂直な方向に0.2度となる米Physical Optics Corporation社製LSDシート）を挿入した以外は実施例1と同様にしてフレキシブルな高分子光導波路を作製した。

この高分子光導波路について、各終点での光強度を測定したところ、分岐の不均一性は2 20  
%以下に改善された。

【0104】

【発明の効果】

本発明の高分子光導波路の製造方法によれば、簡便な方法により、低コストで損失ロスの少ない高精度のコア形状を持つ光導波路が作製でき、かつ生産性に優れ自由度の高いフレキシブルな高分子光導波路を形成できる。特に、分岐状の導波路においても、切断工程の簡略化及び毛細管現象による充填に要する時間を短縮して生産効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明における硬化性樹脂充填前の状態の一例を鋳型上側から見た正面図である 39  
。

【図2】本発明における硬化性樹脂充填前の状態の他の一例を鋳型上側から見た正面図である。

【図3】本発明における硬化性樹脂充填前の状態の他の一例を鋳型上側から見た正面図である。

【図4】ミキシング部分に拡散板を挿入した状態を示す鋳型上側から見た正面図である。

【図5】高分子光導波路の製造工程の一例を示す概略図である。

【符号の説明】

- 1、13 鋳型
- 2 コア部
- 3、14 貫通口（樹脂入力口）
- 4 ミキシング部分
- 5 接断面（同一直線）
- 6 拡散板
- 10 原盤
- 12 型
- 15 クラッド基板
- 16 硬化性樹脂
- 17 樹脂押し出し部材
- 18 クラッド層

40

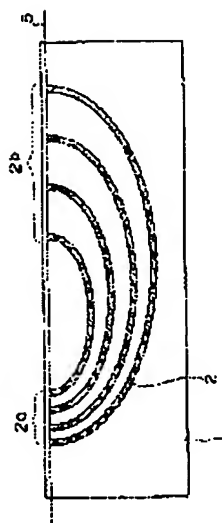
50

(17)

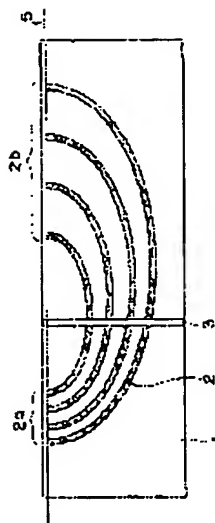
JP 2004-109927 A 2004.4.8

20 ダイシングソー

【図 1】



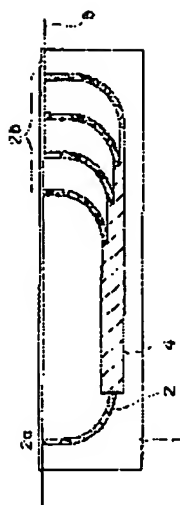
【図 2】



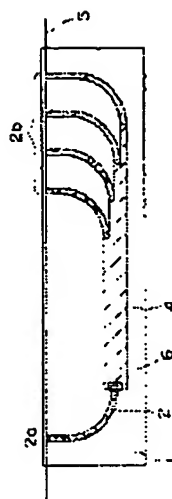
(18)

JP 2004-109927 A 2004.4.8

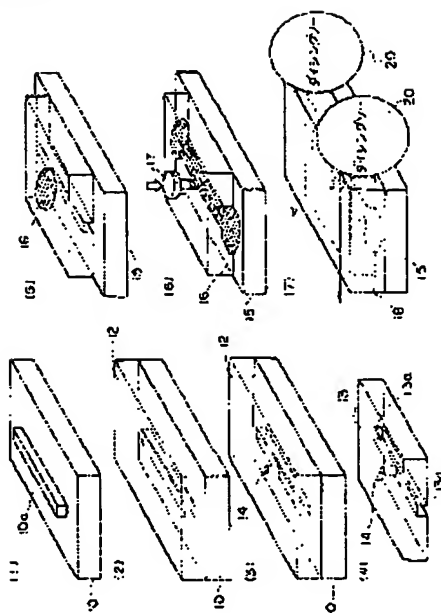
【図 3】



【図 4】



【図 5】





(19)

JP 2004-109927 A 2004.4.8

---

フロントページの続き

(72)発明者 大津 茂実

神奈川県南足柄郡中井町境4 3 0 グリーンテクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(72)発明者 谷田 和敏

神奈川県南足柄郡中井町境4 3 0 グリーンテクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(72)発明者 坪 英一

神奈川県南足柄郡中井町境4 3 0 グリーンテクなかい 富士ゼロックス株式会社内

Fターム(参考) 2H047 KA04 KA12 PA26 PA28 QA05 QA07